This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

CHEM. LIB.
TP
810
.R191

B 455071 DUPL

Ein beitrag zur kenntnis der
Bunzlauer töne
von
Kurt Randhahn.

1837
ARTES VERITAS SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

UNIV. ...
... Chemical Library
TP
810
.R191

EIN BEITRAG ZUR KENNTNIS DER BUNZLAUER TONE.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

VEREINIGTEN FRIEDRICHS-UNIVERSITÄT

HALLE-WITTENBERG

VORGELEGT VON

Hermann

KURT RANDHAHN

AUS WALDAU (KR. WEISSENFELS).

HALLE a. S.

HOFBUCHDRUCKEREI VON C. A. KAEMMERER & CO.

1907.

Gift of
Univ. Halle
Nov. 17 1908

Referent: Geh. Regierungsrat Prof. Dr. J. Volhard.

Dem Andenken meines Vaters.

187150

Einleitung.

Schon seit Alters her ist die Bunzlauer Töpferkunst in der Welt bekannt und berühmt. Der Grund für die Entwicklung eines einst so blühenden Handwerks liegt darin, dass in unmittelbarer Nähe Bunzlaus Tone und Lehme gefunden wurden, die ein für die Töpferei geeignetes Rohmaterial abgaben.

Dieses Material näher kennen zu lernen, verlohnt sich wohl der Mühe.

Die chemische Zusammensetzung der Bunzlauer Tone ist meines Wissens im Zusammenhange noch nicht behandelt worden; nur von einigen Sorten Handelstonen sind Analysen vorhanden. So untersuchte C. Bischof[1]) einen Töpferton aus Tillendorf bei Bunzlau und einen Glashafenton aus Naumburg am Queis.

Unsere Kenntnis über die Lagerung dieser Tone stützt sich hauptsächlich auf die Arbeiten zur „Geognostischen Karte des niederschlesischen Gebirges von Beyrich, Rose, Roth und Runge", wie sie in Roths Erläuterungen zu derselben niedergelegt sind.

Ferner berichtet F. Römer[2]) über in senonem Tone gefundene Blattabdrücke.

Williger[3]) und Gürich[4]) geben auf Grund vorhandenen Materials und eigner Anschauung eine zu-

1) C. Bischof, Gesammelte Analysen, S. 67 und 68.
2) F. Römer, Z. d. D. Geol. Ges. XLI, S. 139 ffg.
3) Williger, I. d. K. Pr. Geolog. L. A. Anhang, S. 55 ffg.
4) G. Gürich, Geolog. Übersichtskarte von Schlesien.

sammenfassende Darstellung der Löwenberg-Goldberger Kreidebucht.

Aber des Bunzlauer Tones, des obersten Gliedes der senonen Kreide, und des auflagernden Braunkohlentones wird immer nur streifend gedacht, und darum soll nun im folgenden der Versuch gemacht werden, das Vorkommen der Bunzlauer Tone, ihre Zusammensetzung und Verwendung eingehender darzulegen.

I. Geologischer Teil.

Das Vorkommen der Bunzlauer Tone.

Der Kreis Bunzlau zerfällt in zwei Teile. Der Norden bildet eine Ebene, die sich etwa 150—170 m über den Meeresspiegel erhebt und die nur durch den Bober und Queis in wenig tiefen Talfurchen durchschnitten wird. Der Boden besteht hier fast durchgängig aus Kies und Sand; und deshalb ist das ganze nördliche Gebiet eine weite einförmige Heide mit ausgedehnten Kiefernwaldungen; nur in den Niederungen der beiden Flüsse ist anbauwürdiger Ackerboden.

Die südliche Hälfte des Kreises ist ein welliges Hügelland, die Ausläufer der schlesischen Gebirge, welche bedeutendere Erhebungen aber auch nicht aufzuweisen haben — im Mittel zwischen 200—270 m.

Auf der Grenze zwischen Hügelland und Ebene — der sogenannten sudetischen Randlinie, die durch ganz Niederschlesien wahrzunehmen ist — liegt die Stadt Bunzlau.

Wollen wir nun den Untergrund des Bunzlauer Kreises kennen lernen, so finden wir auf der Karte von Beyrich oder Gürich, dass die Stadt Bunzlau inmitten einer Mulde sedimentärer Gesteinsschichten liegt, die sich am Nordabhange des Riesengebirges hinzieht und die Kreise Bunzlau-Löwenberg-Goldberg umfasst.

Im Süden setzt sich das Liegende dieser Mulde, das Silur, auf das Urgebirge auf, während es im Norden unter den glazialen Ablagerungen der Heide verschwindet und nur an wenigen Stellen zu Tage tritt, so am Steinberg und

Ochsenberg, westlich von Eichberg und in einem Steinbruche östlich von Schwiebendorf. Das Gesteinsmaterial bilden sehr zerklüftete, feingebänderte Tonschiefer, die sehr steil, 70—80°, einfallen und sich in sehr gestörter Lagerung befinden.

Das Silur wird überlagert — ob kon- oder diskordant, ist nicht zu entscheiden — von der Perm, die aber am Nordrande der Mulde nur an wenigen Stellen nördlich und nordöstlich von Bunzlau zwischen Gnadenberg, Schwiebendorf und Schönfeld als rotliegender Melaphyr, lokal Grünstein genannt, hervortritt. Dieses sehr feste und darum auch schwer zu bearbeitende Gestein wird ausschliesslich zum Strassenbau verwendet; seine chemische Zusammensetzung ist:

Kieselsäure	47,78
Tonerde	18,48
Eisenoxyd	1,67
Eisenoxydul	10,96
Kalk	10,04
Magnesia	4,89
Alkalien	3,15
Glühverlust	3,27
	100,24

Was die Lagerung betrifft, so scheint hier ein Deckenförmiger Erguss vorzuliegen.

Zechstein ist in der Umgebung Bunzlaus nicht aufgeschlossen, wahrscheinlich hier auch nicht vorhanden.

Von der Triasformation finden wir Buntsandstein und Muschelkalk bei Klitschdorf und Warthau; ihr Charakter ist derselbe wie im übrigen Schlesien.

Nach Ablagerung des Muschelkalkes ist in der Löwenberger Bucht eine Pause in der Sedimentation eingetreten; denn es fehlen Keuper, Jura und untere Kreide, und die Gesteinsfolge setzt erst wieder mit der oberen Kreide, mit dem Cenoman, Turon und Senon, ein, die den Kern der

Mulde bilden. Auch von diesen Schichten ist auf der Nordseite, soweit es den Kreis Bunzlau betrifft, das Cenoman, Turon und untere Senon wenig aufgeschlossen, das Turon wohl überhaupt nicht vorhanden.

Nach Williger[1]) besteht das Cenoman ausschliesslich aus grobkörnigem, festem, versteinerungführendem Sandstein, der bisweilen durch kieseliges Zement quarzitartig, bisweilen durch taubeneigrosse Röllkiesel konglomeratisch wird. Aufschlüsse dieses unteren Quadersandsteins — seine Absonderungsform ist Quader — sind bei Bunzlau die drei verlassenen Steinbrüche von Looswitz, am Drüssel und im Walde nordöstlich von Dobrau.

Am häufigsten gefunden, wenn auch in dem grobkörnigen Gestein oft schlecht erhalten, werden von Petrefakten Pecten asper und Exogyra columba.

Die in Nordwestdeutschland unterscheidbaren drei Zonen:[2])

1. die Zone des Ammonites (Acanthoceras) rhotomagensis,
2. die Zone des Ammonites (Schlönbachia) varians,
3. die Zone des Pecten asper,

sind in der Löwenberger Bucht nicht zu trennen; die dieselben charakterisierenden Leitfossilien kommen nebeneinander vor und sind gleichen Alters.

Die Streichrichtung des Cenomans ist die allgemeine am Nordrande der Mulde, von Südosten nach Nordwesten, mit schwachem Einfallen (7—10°) nach Südwesten.

Das Turon (Pläner) tritt, vielleicht infolge seiner vorwiegend mürben Beschaffenheit, bei Bunzlau garnicht, bei Warthau nur als kleiner, schmaler Streifen auf; besser ausgebildet ist es in der Gegend von Löwenberg. Von den von Schlüter für das Turon festgelegten fünf Zonen:

---

1) Williger, l. c.

2) So oft im folgenden eine Schichten- oder Zeitfolge gegeben wird, beginnt die Aufzählung mit dem Jüngsten.

1. Zone des Inoceramus Cuvieri,
2. Zone des Heteroceras Reussianum und Spondylus spinosus,
3. Zone des Inoceramus Brongniarti,
4. Zone des Inoceramus mytiloides (labiatus),
5. Zone des Actinocamax plenus,

können wir hier die 2., 3. und 4.—5. Zone als Ober-, Mittel- und Unterturon unterscheiden.

Das Unterturon bilden dunkle Tonmergel und darüberliegender hellgefärbter, klingender Mergelschiefer. Hauptleitfossil ist neben Inoceramus mytiloides Maut. Belemnites plenus Blainv.

Das Mittelturon (Inoceramus Brongniarti) setzt ein mit sandigen Mergeln, darüber folgt mürber Sandstein, eine meterstarke Kalksteinbank, ca. 10 m mürber Sandstein und nach oben abschliessend ein fester grobkörniger Sandstein mit rotbraunen Adern.

Oberturon besteht aus selten aufgeschlossenen hellgrauen und dunklen Mergeln mit Scaphites Geinitzii d'Orb.

Über das Turon im allgemeinen ist noch zu sagen, dass es seiner weichen Gesteine wegen nicht wie das Cenoman am Aufbau der Höhenzüge beteiligt, sondern durch Flüsse und Bäche grösstenteils erodiert ist. Der Gehalt an kohlensaurem Kalk macht den aus ihm entstandenen Ackerboden fruchtbar.

Im Gegensatz zu den kalkigen turonen Schichten beginnt das ihnen konkordant aufliegende Senon mit Sandsteinen mit kieseligem und tonigem Zement.

So bildet das untere Senon eine Reihe mürber Sandsteine, die infolge ihrer Beschaffenheit wenig, in der Nähe Bunzlaus garnicht hervortreten. Hauptsächlich kennen wir es aus den Sandsteinbrüchen von Neuwarthau; hier allein sind Versteinerungen gefunden worden und zwar gegen 60 Arten, die den geologischen Horizont sicherstellen. Auffallend ist es, dass die sonst für Untersenon charakteristischen Belemnitellen (quadrata) und Brachiopoden fehlen. Wir

haben es hier offenbar mit einer Strandfazies zu tun, das beweist auch das Vorkommen zweier Pflanzenarten, der Credneria denticulata Zenk. und der Geinitzia cretacea Endl. (Sequoia Reichenbachi Gein.)

Das Mittelsenon besteht aus gelblichen bis rotbraunen Sandsteinen, die nach oben in einen weissen, festen Haustein übergehen; beide Schichten sind getrennt durch eine gelbe Sandsteinbank voller Steinkerne von Nerinea Geinitzii. Nach dem Obersenon zu bedeckt den Sandstein eine meterstarke Schicht roten Tones. Im Vergleich zum Cenoman wird das Mittelsenon oberer Quadersandstein genannt; dieser gibt einen guten Werkstein ab und tritt seiner grösseren Festigkeit wegen bei seinem Ausstreichen aus der Mulde überall hervor. Wie das Cenoman streicht er auf der Nordseite Südost-Nordwest in der Richtung Warthau-Bunzlau-Klitschdorf; auch fällt er ebenso schwach wie dieses (5–7^{0}) nach Südwesten ein.

Die bislang besprochenen Schichten der Kreide und unterlagernden älteren Formationen sind bei einer Bohrung bis zu einer Tiefe von 300 m durchteuft worden. Dieselbe wurde von der Stadtverwaltung Bunzlau auf dem Viehplane in unmittelbarer Nähe der Stadt vorgenommen, weil man dort einen selbstfördernden (artesischen) Brunnen aufzuschliessen hoffte. Dies gelang zwar nicht, dennoch bleibt das Bohrresultat interessant. (Bohrtabelle siehe umstehend.)

Leider ergibt die Methode des Bohrens mittels Fallbohrers nur ungenügende Resultate in der Erkennung der durchsunkenen Gesteine, da der stark zertrümmerte Grus nur einen schwachen Schluss auf den ursprünglichen petrographischen Habitus des Gesteins zulässt. Darum lassen sich in obiger Tabelle nur mit Mühe und notdürftig die einzelnen Formationsglieder unterscheiden.

Eingeschlagen ist das Bohrloch, wie aus seiner Lage und auch aus den obersten Schichten zu ermitteln ist, im mittleren Senon, das hier nur von einer schwachen Lage tertiären Kieses überdeckt wird, weil dieser in früherer Zeit

Nummer d. Schicht	Beschreibung	Mächtigkeit m
	Dammerde	0.314
	Gelber Sand mit Kies	0.628
	„ „ mit Sandsteinbrocken	0.558
1	Weisser Sandstein	14.502
2	Bräunlicher Ton	3.166
3	Toniger Sandstein	0.572
—	Wasserhaltende Kiesschicht	0.200
4	Weisser Sandstein	9.694
5	Gelblicher „	1.412
6	Gelber „	3.352
	Eisenhaltig. „	0.470
	Gelber sandiger Schlief	0.470
7	Blauer Schlief	1.884
8	derselbe mit Eisenkies	6.749
9	Grauer fester Sandstein	14.054
10	Sandiger grauer Schlief	1.306
11	Toniger „ „	1.202
12	Blauer fetter Ton	8.100
13 bis 19	Grauer fester Sandstein, z. T. mit braunen und grünen Tonadern	20.334
20	Grauer toniger Sandstein	6.903
21	Weisser fester „	1.672
22	Grauer sandiger Ton	3.346
23	„ fester Sandstein	2.981
24	Milder Sandstein mit Tonadern	1.568
25	Grauer „ „ „	1.202
26	„ „ „ „	1.884

Nummer d. Schicht	Beschreibung	Mächtigkeit m
27	Gelber milder Sandstein	2.826
28	„ fester „	2.194
29	Gelber Ton	1.256
30	Grobkörniger Sandstein	0.784
31	Gelber sandiger Lehm (?)	8.106
32	„ Sandstein mit Kalkgebilden	2.878
33	„ fetter Lehm	2.196
34	Gelblicher Sandstein	0.784
35	Gelber Lehm, sandig	2.510
36	Milder mürber Sandstein	4.710
37—40	Grauer fester Sandstein	} 38.522
41—43	Grobkörniger „	
44—49	Grauer fester sandiger Kalk	49.663
50	Weisser feinkörniger Sandstein	6.793
51	Grauer grober Sandstein	0.837
52	Weisser feinkörniger Sandstein	9.670
53	Blauer fester Ton (?)	2.143
54	Grober Sandstein	6.326
55	Feiner „	5.290
56|58	Grauer grobkörniger fester Sandstein	17.823
	Weisser feinkörniger „ „	11.343
	Grauer grobkörniger „ „	11.598
	Weisser feinkörniger Sandstein	3.870
	Grauer grobkörniger „	16.465
	Weisser fester Sandstein	29.337
	„ milder „	5.802
70	Gelber sandiger Lehm . . . , . . . , . .	3.085
	Fester grobkörniger Sandstein	24.525
	Licht gefärbte mürbe Sandsteine	20.141

bereits abgebaut ist. Ich vermute, dass das Mittelsenon bis zur 9. Schicht herabreicht, also ungefähr 56 m mächtig ist, dass sich hieran die mürben Schichten des Untersenons und Turons, sofern letzteres überhaupt vorhanden ist, anschliessen; von 26 bis 35 wäre vielleicht das Mittel- und Unterturon zu rechnen. Die Schichten 36 bis 43 wären dann cenoman, 44 bis 49 dem Muschelkalke zugehörig, die weiteren Schichten stellten den Buntsandstein und Zechstein vor.

Nach der Zeit des Mittelsenons tritt eine bedeutende Änderung im petrographischen Habitus der Gesteine ein; denn während diese bisher aus Sandsteinen, Kalken und Mergeln bestanden, plastische Tone aber nur in verschwindender Menge vertreten waren, so bilden letztere in der Folgezeit, im obersten Senon, das Hauptgestein. Und diese teils fetten, teils sandigen Tone sind für den Kreis Bunzlau von grosser Bedeutung, da sie neben Sandstein das wichtigste mineralische Rohprodukt abgeben. Hier also können wir zum erstenmale von „Bunzlauer Tonen“ reden, da die schwachen älteren Flötze nicht abbauwürdig sind.

Das Obersenon, auch Überquader genannt, hat unter allen Gliedern der Mulde die grösste oberflächige Verbreitung, es füllt den Kern der Mulde aus und zwar in einer Breite von 11 km und einer Länge von einigen 20 km, bis es sich in nordwestlicher Richtung unter dem Tertiär der Ebene verliert. Seine westlichsten Fundorte sind Ullersdorf a. Queis, Tschirne und Tiefenfurt.

Leider wird in der Bunzlauer Gegend der Ton, besonders wo er zwischen Sandsteinschichten liegt, zumeist durch Tiefbau gewonnen, so dass es schwierig ist, sich eine Übersicht über die Lagerung zu verschaffen, zumal auch genauere Angaben über verlassene Schächte fehlen. Nur an den Rändern des obersenonen Gebietes, wo eine grössere Schichtenfolge von Tonen und tonigem Sand die Gewinnung über Tage vorteilhafter erscheinen lässt, gewähren einzelne Tagebaue einen besseren Einblick.

Die Frage nach der Grenze zwischen Mittel- und Obersenon mag vielleicht folgendes etwas klären. Nicht weit entfernt vom Chausseehaus bei Dobrau an der Strasse Bunzlau-Klitschdorf liegt in einer Tongrube auf mittelsenonem Sandstein auf:

— Sandsteinbänke und eine schwache Bank roten Toneisensteins,
3,0 m feinstreifige gelbe und graue Tone,
0,6 m stark mit Kohle versetzter Ton,
1,5 m feinstreifiger Ton, feinsandig, darunter feinkörniger mittelsenoner Sandstein.

Dies stimmt überein mit einer Angabe Willigers[1]) über unteres Obersenon, wie es unweit der Eichhornschenke bei Sirgwitz aufgedeckt wurde:

— obersenoner Sandstein,
1,0 m feinsandiger Ton,
0,26 m Kohle,
1,0 m feinsandiger Ton,
3,0 m feiner Ton, darunter mittelsenoner Sandstein.

Jedenfalls stellen obige Schichten die unterste Zone des Obersenons vor. Es ist schade, dass in diesen Gruben oder in deren Nähe nicht auch die folgenden Schichten blosgelegt sind, es liesse sich dann der Übergang zur jüngeren Zeit besser verfolgen. Einen guten Einblick in das untere Obersenon geben uns zwei Tagebaue rechts der Strasse Bunzlau-Looswitz. In der vorderen Grube steht ein weisslichgrauer, etwas sandiger Ton an, der auch eine schwache Schicht gelben Tones führt und, wie aus einem hier niedergebrachten Schachte zu ersehen ist, von einer meterstarken Schicht rotvioletten Tones unterlagert wird. In der hinteren Grube (siehe Tafel I, Profil 1) liegt übereinander:

---

1) Williger, I. d. K. Pr. Geol. L. A. 1881. Anhang S. 55.

6,0 m weisser sandiger Ton mit zwischengelagerten fetten Tonstreifen,
4,0 m grauer und gelblicher, stark sandiger Ton,
6,5 m hellgrauer plastischer Ton,
2,0 m mürber Sandstein, darunter weisser sandiger Ton.

Nach Lage und Streichrichtung ist die vordere Grube das Liegende der hinteren und der weisse Ton als oberste Schicht in Grube 2 ist identisch mit der untersten Schicht in Grube 3. Beachtenswert ist ferner, dass in diesen Gruben das Obersenon bedeutend steiler einfällt wie die ältere Kreide, so in Grube 1 mit 23°, in Grube 2 mit 15°, in Grube 3 mit 27—33°, überall nach SW.

Dasselbe zeigt sich auch am Südrande des Beckens, wo die Schichten bei Ullersdorf a. Queis mit 35°, in Tschirne mit 15° nach NO einfallen. Auch besteht hier ebenfalls das untere Obersenon aus einer wechselnden Reihe sandiger und fetter Tone von grosser Reinheit. In dieser Beziehung übertreffen sie die entsprechenden Tone aus dem Bunzlauer Revier, auch führen sie durchweg etwas weniger Sand wie diese. Bemerkenswert sind noch die schwachen (bis zu $^1/_2$ m starken) Kohlenflötze, deren Abbau allerdings infolge seiner Unwirtschaftlichkeit längst aufgegeben ist, und die dünnen Bänke roten Toneisensteins. Beide Mineralien sind den Tonen zwischengelagert, keilen sich auch oft aus.

Auf diese untere vorwiegend tonige Zone des Obersenons folgt ein Schichtenkomplex, in dem neben den Tonen auch der Sandstein wieder an Bedeutung gewinnt. Da nur hin und wieder gute Aufschlüsse anzutreffen sind, so lässt sich näheres darüber nicht angeben. Nur so viel steht fest, dass diese Schichten im Gegensatz zu den unteren fast eben verlaufen.

In Obertillendorf ist in verschiedenen Gruben das Profil durchweg folgendes:

5—6 m	gelber Sand,	Tertiär
3 m	feinsandiger brauner und gelber Ton,	

5—9 m Sandstein,
2 m weisser, bisweilen ein wenig sandiger Ton,
3—5 m Sandstein,
1—2 m weisser, auch gelblich und rötlich gefärbter Ton,
— mürber Sandstein.

Die unterste Tonschicht ist oft nicht zu gewinnen, da sonst von unten die Wasser in die Grube dringen.

Auf dem andern, rechten, Boberufer ist in gleicher Höhe mit Tillendorf die Schichtenfolge dieselbe wie dort; nachstehendes ist das Profil aus einem Schachte am Wege nach Hockenwald.

8 m Sandstein,
1,5 m sandiger weisser Ton,
3 m Sandstein,
1 m fetter weisser Ton,
— Sandstein.

Auch die übrigen über das ganze Gebiet verstreuten Aufschlüsse geben die Berechtigung, eine Zweiteilung des Obersenons vorzunehmen, in eine untere, vorwiegend tonige Abteilung mit schwachen Kohlen- und Toneisensteinflötzen und in eine obere, in der Sandstein mit z. T. geflammten Tonen abwechselt.

Paläontologische Funde im Obersenon. Ferd. Römer[1]) fand in Grube 3 in der hellgrauen Tonschicht:

Debeya serrata F. A. W. Miquel (Dewalquea G. de Saporta und Marion);

Debeya Haldemiana n.;

Zweigenden von Geinitzia cretacea Endl. (Sequoia Reichenbachi Gein);

Eolirion nervosum Hosius und von der Mark;

Menispermites Bunzlaviensis n. sp. und unbestimmbare Arten von Salix und Alnus.

Desgleichen wurden Blattabdrücke in der Ziegelei von Ullersdorf a. B. gefunden, meistens Debeya serrata, die aber

1) F. Römer, l. c. und Schles. Ges. 64. Jahresbericht, S. 117.

bedeutend grösser als die aus Grube 3 waren und auf eine üppigere Flora hinweisen.

Die roten Toneisensteinbänke des unteren Obersenons sind oft angefüllt mit Cyrena cretacea Dresch[1]) und Cardium Ottoi Gein.

In dem schwachen Kohlenflötze von Klitschdorf wurden ovale Früchte entdeckt,[2]) die von Göppert als Palmacites legitimus angesprochen wurden.

Aus der marinen Fauna sind Cardium Omphalien und Actäonellen vertreten.

Wie die Veränderung in der Sedimentation, das Vorherrschen der plastischen Tone, zeigt auch das stellenweise Auftreten einer Fauna, die nur in brackischen Gewässern gedeihen kann, und das häufige Vorkommen von Landpflanzen an, dass im Senon eine allmähliche Abdämmung und Aussüssung der Kreidesee stattgefunden haben muss. Es ist zugleich das Senon das letzte Formationsglied, das in der niederschlesischen Bucht zur Ablagerung gelangt ist. In späterer, frühtertiärer Zeit ist das ganze Gebiet festes Land gewesen, in dieser Zeit muss auch durch Seitenschub der Charakter einer Mulde noch verstärkt worden sein; denn wie schon erwähnt, sind die obersenonen, also weichsten Schichten am Rande sehr aufgerichtet, auch deuten Schichtenstörungen und Verwerfungen, die besonders in der Gegend von Löwenberg häufiger sind, auf Seitendruck hin. Dass diese Vorgänge in frühtertiärer Zeit stattfanden, dafür ist das oligocäne Tertiär ein Beweis, da es zum Teil in die Mulde hineingreift und doch an der Zusammenschiebung nicht teilgenommen hat, sondern fast eben gelagert ist.

Wenn nun zwar die Tone im Obersenon die grösste Verbreitung und Veranlassung zu einer grossartigen Gewinnung gegeben haben, so sind doch auch die jüngeren Formationen, das Tertiär und Quartär, tonführend. Obwohl

1) Vgl. Drescher, Z. d. D. Geol. Ges. 1863, S. 321.

2) Vgl. Z. d. D. Geol. Ges. XXX, S. 221 und Schles. Ges. 56. Jahresbericht, S. 49.

diese Tone nicht so häufig aufgeschlossen sind wie die senonen, auch nicht dieselbe Bedeutung haben, sind sie doch immerhin von einiger Wichtigkeit und finden auch industriell Verwendung.

Zuerst will ich auf das Tertiär näher eingehen, aber bei der Skizzierung der einzelnen Aufschlüsse, um Wiederholungen zu vermeiden, auch des Quartärs Erwähnung tun, so weit es auf die Lagerung der tertiären Schichten von Einfluss gewesen ist.

Wie unterscheidet sich nun das Tertiär vom Obersenon, und wie ist sicher festzustellen, welche Sedimente ihm zugehören? Zeugen organischen Lebens sind nicht vorhanden, wenigstens nicht in der Umgebung Bunzlaus. Auch der petrographische Habitus ist nicht allein massgebend zur Altersbestimmung; denn der hellgraue fette Braunkohlenton unterscheidet sich in nichts vom senonen Ton, die mächtigen Kies- und Sandschichten freilich müssen eher als Tertiär angesprochen werden. Als untrüglichstes Merkmal aber für die Zugehörigkeit zum Tertiär dient uns folgendes.

Während das Obersenon an das Innere der Kreidemulde gebannt ist und so nördlich der Linie Warthau-Bunzlau-Klitschdorf nicht mehr vorkommen kann, findet das Tertiär seine Hauptverbreitung in der Ebene, wo es jedoch vom Diluvium überdeckt und nur in Taleinschnitten blossgelegt ist. Wo aber die Ebene an die Ausläufer der Gebirge stösst, an der sudetischen Randlinie, hebt sich auch das Tertiär empor und tritt mehr zu Tage, ist aber nur wenige Kilometer in das hügelige Vorland hinein bemerkbar. Hier, wo Obersenon und Tertiär übereinander liegen können, ist es doch von jenem leicht zu unterscheiden, da es nicht am südwestlichen Einfallen teilnimmt, sondern im allgemeinen wo keine Störungen eingetreten sind, fast horizontal gelagert ist.

Die Trennung der tertiären von den glazialen und fluvioglazialen Kiesen und Sanden ist nicht so leicht; es spricht hier für die Zugehörigkeit zum Tertiär das Vorkommen

feiner Quarzsandschichten, die auf grössere Entfernung hin in ihrer Beschaffenheit und Mächtigkeit gleichbleiben, während die wechselnde Stärke und Richtung der Abschmelzwässer des Inlandeises eine sehr wechselnde Ablagerung von Kies und Sand, eine sogenannte diskordante Parallelstruktur, ergaben. Ferner weist Auffindung nordischen Gesteinsmaterials auf diluviales Alter hin.

Ich wende mich jetzt zur Beschreibung der einzelnen Aufschlüsse, um dann daraus allgemeine Folgerungen zu ziehen; und zwar führe ich zuerst auf, was sich vom Tertiär im hügeligen Randgebiete erkennen lässt, wo es aus der Ebene emporsteigt und ausläuft.

Aufschluss 1.

In nächster Nähe Bunzlaus befindet sich ein sehr interessanter Aufschluss, die Sandgrube am Viehmarkt, nur hundert Meter von der Stelle entfernt, wo die Bohrung für den artesischen Brunnen ausgeführt wurde. Es liegt dort eine Grundmoräne der diluvialen Vereisung über tertiären Kiesen und Sanden. Die Grundmoräne ist typisch, strukturlos, durchsetzt von eckigen Geschieben nordischer Eruptivgesteine und von Flintsteinen aus der Rügener Kreide. Für das tertiäre Alter der Sande und Kiese spricht ihre gleichmässige Ablagerung und jegliche Abwesenheit nordischen Materials, da sie nur aus reinem Quarze bestehen. Sehr bemerkenswert wird dieser Aufschluss aber dadurch, dass er zeigt, welchen Einfluss die Eisbewegung auf die weichen tertiären Schichten gehabt hat. Profil 2 auf Tafel I lehrt, wie Sande und Kiese durch den Druck des Eises aufeinander geschoben wurden. Hierbei lässt sich auch auf die Richtung, die der Eisstrom eingeschlagen hat, schliessen; denn da die Überschiebungsspalten fast genau von Osten nach Westen streichen, so ist der Druck von Norden gekommen.

Aufschluss 2.

Ein weiteres Beispiel für die Wirkung des Eisdruckes bietet die Tongrube der Ziegelei am Ostabhange des Drüsselberges (Tafel I, Profil 3); hier ist der Druck in der Richtung nach dem Drüssel zu erfolgt. Die Schichtenfolge ist:

5,0 m weisser Kies und kiesiger Sand,
0,1 m Kruste, durch Eisenoxydhydrat braun gefärbt,
2,0 m feiner Sand,
1,5 m gelber toniger Sand,
0,2 m braunrötlicher Sand,
1,6 m gelber fetter Ton.

Aufschluss 3.

Nur 200 m nordwärts liegt die Grube einer anderen Ziegelei. Hier lagern horizontal folgende Schichten aufeinander:

3—4 m feine und scharfe Sande mit einigen schwachen Kiesschichten,
0,5 m Kies,
1,0 m feingestreifter Sand, kiesig,
1,5 m graubrauner, sehr feinsandiger Ton,
1,0 m braungelber feinsandiger Ton,
2,0 m blauschwarzer feinsandiger Ton.

Dies Profil besitzt also viel Übereinstimmung mit dem vorigen.

Sonst tritt das Tertiär am südlichen Rande seines Verbreitungsgebietes noch oftmals in mehreren kleinen Kies- und Tongruben auf, von denen aber nur nachstehende einige Bedeutung haben.

Aufschluss 4.

So gibt die Grube am Pulverhaus unweit der Stadt nachfolgenden Aufschluss:

1,0 m grober Kies,

1,5 m feiner Sand mit zwischengeschalteten schwachen Kieslagen,
2,0 m brauner und grauer, äusserst feinsandiger Ton.

Aufschluss 5.

In der Bergmannschen Kiesgrube hinter dem Schützenhause finden wir nur Kies und scharfen kiesigen Sand, und zwar die älteren Schichten horizontal und auf grössere Strecken gleiche Mächtigkeit haltend, während der Decksand eine sehr ausgeprägte diskordante Parallelstruktur zeigt. Der untere Kies ist tertiär, der Decksand Niederschlag glazialer Schmelzwässer. Die Schichtenfolge ist:

2,5 m wechsellagernde glaziale Sande,
2,5 m grauweisser kiesiger Sand,
3,0 m gelber Kies.

Aufschluss 6.

Vierhundert Meter östlich hiervon gewinnt in einer kleinen Grube die Bunzlauer Eisengiesserei ihren Formsand; hier liegt:

1,7 m gleichmässiger, sehr feinkörniger Sand mit geringem Tongehalt und von braungelber Farbe,
0,3 m dunkelgelber fetter Ton,
1,5 m feingebänderter feinsandiger Ton.

Die oberste Schicht dient als Formsand.

Aufschluss 7.

In den oben (Seite 15 und 16) erwähnten Gruben wird überm senonen Tone auch Tertiär angetroffen und zwar zu unterst scharfe, aber nicht kiesige Sande — nur einige schwache Lagen Kies sind vorhanden —, darüber 4—5 m grauer und gelber Ton. Hier sind die Schichten nicht mehr ungestört horizontal, wie Profil 1 (Tafel I) zeigt,

in nachtertiärer Zeit ist eine Aufrichtung eingetreten, die wohl nicht auf Eisdruck zurückgeführt werden kann.

Zu seiten des Bobers am Talgehänge ist das Tertiär von dem bedeckenden Diluvium entblösst und da es deshalb leichter zu gewinnen ist, gut aufgeschlossen. Von diesen Aufschlüssen seien jetzt die wichtigsten besprochen.

Aufschluss 8.

Am linken Ufer liegt $1\,{}^1/_4$ km nördlich der Bahnlinie auf der obersten Fussterrasse eine Ziegelei, wo ein hochplastischer fetter Ton gegraben und mit den überlagernden Sanden gemagert, zu festen Dachsteinen und Klinkern verarbeitet wird. Eben lagert hier übereinander:

ca. 4,0 m scharfer kiesiger Sand,
„ 4—5 m hellgrauer Ton,
„ 2,0 m hellgelber Ton.

Die Tone haben eine grosse Gleichmässigkeit und sind frei von Verunreinigungen. Von Quartärablagerungen zeigen sich nur einzelne den Sand bedeckende nordische Gesteine.

Aufschluss 9.

Stromabwärts befindet sich die nächste Ziegelei auf dem rechten Ufer in Eichberg, an der Strasse Bunzlau-Sprottau. Es steht hier an:

— feiner Sand von wechselnder Mächtigkeit,
0,5 m gelber Ton,
3,0 m Kies und Sandschichten,
0,5 m hellgrauer fetter Ton,
2—4 m schwarzer fetter Ton; die Mächtigkeit ist nicht genau festzustellen.

Der oberste Sand ist sehr verdrückt, teilweise etwas überschoben; es kann dies sowohl eine Folge der Eisbewegung, als wie des eigenen Gebirgsdruckes sein. Über den tertiären Schichten liegt diskordant fluvioglazialer Sand

und Kies; aus der Art und Weise der Begrenzung des Tertiärs gegen das Diluvium lässt sich vermuten, dass das Tal des kleinen Bobers, der hier bei Eichberg in den eigentlichen Bober mündet, schon vor der Eiszeit vorhanden gewesen ist.

Aufschluss 10.

Ein weiterer Aufschluss tritt uns 1 km südlich von Eichberg auf der zweiten Boberterrasse entgegen. Man gewinnt hier nach Entfernung des Terrassenschuttes einen reinweissen sandigen Kies, der eine Mächtigkeit von ungefähr 6 Meter hat und bedeckt ist von einer $^1/_2$ m starken Schicht groben Kieses voller Findlinge und darüber liegenden feingeschichteten Sanden. Der untere weisse Kiessand ist vor allem dadurch interessant, dass er eine grössere Menge Feldspatkies enthält, der etwa Haselnussgrösse und in der Analyse folgende Zusammensetzung hat:

Kieselsäure	68,75	
Tonerde	17,10	Spur-Eisen
Kalk	0,00	
Magnesia	Spuren	
Kali	12,10	
Natron	2,05.	

Der Feldspat ist hiernach von sehr reiner Qualität.

Aufschluss 11.

Die grösste ununterbrochene Folge tertiärer Schichten ist der Untersuchung zugänglich in den Tongruben der Ziegeleien von Klein-Gollnisch. In der südlichen Grube liegt ungestört übereinander:

2—3 m	glaziale Sande,
2—2,5 m	weissgrauer Ton,
4,0 m	gelblich-weisser kiesiger Sand,
1,0 m	gelber Ton,
0,5 m	Ton mit Kohle vermengt,

5,0 m schwarzer Ton, darunter gelblich gefärbter Ton.

Aufschluss 11a.

Die nördliche Grube hat dasselbe Profil, nur sind hier die fluvioglazialen Sande, die weisse Ton- und die Kiesschicht mächtiger, der gelbe Ton überm schwarzen dagegen schwächer entwickelt. Der schwarze Ton brennt sich im Ziegelofen hellrot, der gelbe schön rot, der weissgraue grau entsprechend ihrem Eisengehalt.

Aufschluss 12.

Von Bedeutung ist ferner noch die Tongrube in dem Wäldchen zwischen der Bahn Bunzlau-Liegnitz und dem Dorfe Gross-Grauschen. Es werden hier gegraben:

2—3 m braungelber sandiger Ton mit grauen Adern,
0,5 m dunkelgrauer Sand,
3—4 m und darüber weissgrauer fetter Ton, im Aussehen und Verhalten dem Tone aus Grube 8 ähnlich.

Sonst habe ich tertiären Ton nur noch angetroffen in der Ziegelei Lichtenwaldau, 3—4 m stark, und Wendes Ziegelei, rechts von der Strasse Lichtenwaldau-Greulich, wo 1,5 m braungelber Ton auf weissem Kies unter einer 2 m mächtigen Moräne steht.

Ich will nun versuchen, an der Hand vorstehender Angaben ein Gesamtbild über die tertiäre Sedimentation in der Umgebung Bunzlaus zu entwerfen. Da die tertiären Schichten, wo sie ungestört sind, durchweg noch horizontal liegen, so lassen sich nicht allzuweit von einander entfernte Aufschlüsse recht gut mit einander vergleichen, wenn man sie entsprechend ihrer Meereshöhe aufzeichnet. Auf Tafel II habe ich dies mit den wichtigsten Fundorten getan.

Bei der Betrachtung des Tertiärs südlich der Stadt Bunzlau konnte ich ausgehen von den Bohrresultaten, wie

sie seitens der Bunzlauer Stadtverwaltung bei der Bohrung auf Wasser festgestellt worden sind. Auf der Karte sind sie unter der Bezeichnung Bohrung 1 bis 6 eingetragen. Bohrloch 1 befand sich ganz in der Nähe des Queckbrunnens, Bohrloch 6 dort, wo jetzt die Pumpstation des Wasserwerkes steht, die übrigen in ungefähr gleichen Abständen dazwischen.

Diese Bohrungen untereinander verglichen — Bohrloch 1 und 2 schalten wir aus, da ersteres nicht sehr tief ist, das zweite schon nach 2,5 m auf den senonen Sandstein stiess —, zeigen in guter Übereinstimmung, dass auf eine vorwiegend kiesige eine tonige und auf diese wieder eine feinsandig-kiesige Ablagerung folgt. Der Ton ist auch nicht allzu fett und plastisch, sondern mit mehr oder weniger äusserst feinkörnigem Sande gemagert, sodass er sich besonders im trocknen Zustande leicht zerbröckeln lässt. Von Interesse ist hierbei auch, zu sehen, wie der Grundwasserspiegel nach dem Tale zu ganz allmählich sinkt; freilich beträgt die Differenz zwischen Bohrloch 1 und 6 nur 1,2 m. Die Mächtigkeit des Tertiärs ist in Bohrloch 6 ca. 26,5 m, auch anderwärts in der Nähe, so in Kühnels Brauerei, wurde ungefähr dieselbe Mächtigkeit festgestellt.

Die in der Nachbarschaft der Bohrungen befindlichen Aufschlüsse befinden sich noch in völliger Übereinstimmung mit den Bohrresultaten. Die andern aber zeigen an, dass sich das Tertiär nach der Höhe zu allmählich hebt; doch macht es die Gleichartigkeit der vorkommenden Tone zur grössten Wahrscheinlichkeit, dass dieselben alle einem Horizonte angehören und sie sich bei ihrer Ablagerung der vorhandenen Unebenheit des Bodens anschmiegten.

So können wir für das Tertiär des Randgebietes eine dreifache Gliederung annehmen, eine untere und obere kiesig-sandige Abteilung und eine mittlere, aus feinsandigen Tonen bestehend.

Während also hier Kies und Sand vorherrschen, bestehen die tertiären Sedimente in der Ebene vorwiegend

aus fetten plastischen Tonen, denen gegenüber die sandigen Schichten zurücktreten. Infolge der wenigen Aufschlüsse aber ist es unmöglich, dieselben miteinander in Verbindung zu bringen. Nur Aufschluss 11, 11a und 9 haben grosse Ähnlichkeit miteinander, sie sind ja auch nur einige hundert Meter von einander entfernt. Auch in den beiden Aufschlüssen 8 und 12, die auf beiden Seiten des Bobers sich gegenüberliegen, gehört der hellgraue Ton scheinbar ein und demselben Horizonte an; jedenfalls ist die Beschaffenheit des Tones in beiden Gruben durchaus dieselbe.

Das Vorherrschen der plastischen Tone bestätigt sich auch anderwärts ausserhalb des Bunzlauer Gebietes. So liegt in Ullersdorf a. Queis ein Tonlager von über 25—30 m Mächtigkeit überm Obersenon. Dass es zum Tertiär gehört, ist leicht zu erkennen, da es nicht wie der ebenfalls in der Nähe anstehende Kreideton mit 30° einfällt, sondern fast eben ausgebreitet ist. Der hier gefundene Ton wird zu gelben Verblendziegeln verarbeitet; zu eben demselben Zwecke gewinnt man in Siegersdorf einen in Aussehen und Lagerung ganz ähnlichen Ton. Hier findet man die auch anderwärts aus der Braunkohlenformation bekannten „Knollensteine“. Es sind dies sehr feste Quarzite, welche oft röhrenförmige, von Schilfgewächsen herrührende Hohlräume aufweisen. Wo solche Knollensteine in früheren Zeiten den Winden ausgesetzt gewesen sind, haben sie eine gelbliche glänzende Politur, einen sogenannten Wüstenlack erhalten.

Spuren tierischen und pflanzlichen Lebens habe ich in tertiären Schichten nirgends gefunden, und auch anderswo ist nur wenig festgestellt worden, meistens Blätter und Früchte von Laubbäumen, sodass es nicht möglich ist, hieraus das genaue Alter zu bestimmen. G. Berendt[1]) fand auf Grund von Tiefbohrungen, dass die märkisch-lausitzer Braunkohlen-

1) G. Berendt, Die märkisch-pommersche Braunkohlenformation und ihr Alter, Jahrb. d. k. pr. Geol. L. A. 1883, S. 643; Derselbe, Sitzungsbericht d. k. pr. Ac. d. Wiss. Berlin 1885, XXXVIII; Derselbe, Abhandlungen zur geol. Spezialkarte von Preussen VII, Heft 2. Berlin 1886.

bildungen auf dem oberoligocänem Glimmsande ruhen und rechnet sie zum unteren Miocän.

Für unser Tertiär ist anzunehmen, dass es Niederschläge in einer flachen und sumpfigen Küstenniederung sind, zu der Zeit entstanden, als Norddeutschland vom oberoligocänen Meere bedeckt war. Die Sedimente haben die damals vorhandenen Unebenheiten ausgefüllt, sind aber nach dem Rückzuge des Meeres zu einem grossen Teile wieder erodiert worden.

Im Quartär haben wir nur eine tonige Ablagerung, den Geschiebemergel der nordischen Vereisung. Dieser hat wohl nach Norden zu in die Heide hinaus eine grosse Verbreitung, tritt aber nur an den Stellen zu Tage, wo er zur Ziegelfabrikation gewonnen wird; im übrigen ist er von Kiesen und Sanden, die beim natürlichen Schlämmprozess durch die Schmelzwässer als Rückstände verbleiben, bedeckt. Umsomehr ist das der Fall, als nur wenige Kilometer nördlich von Bunzlau das südliche Urstromtal vorbeiführt. Es ist dies das Breslau-Hannoversche Tal, das den oberen Oderlauf bis Maltsch benützt, dann in westlicher Richtung, den Bober, Queis und Neissefluss kreuzend, sich durch das Tal der schwarzen Elster, Elbe, Aller und Weser nach der Nordsee wendet.

Schon oben habe ich drei kleinere Grundmoränen aufgeführt, am Viehmarkt bei Bunzlau, Grube der Ziegelei Lichtenwaldau und Wendes Ziegelei. Ferner wird ein 2 m mächtiger Geschiebemergel im Tale zwischen Schwiebendorf und Gnadenberg zweihundert Meter südlich der Strasse gegraben. Geschiebe sind in ihm wenig vorhanden, und auch sonst bietet hier die Moräne wenig Interessantes.

Den besten und grössten Aufschluss aber finden wir in der Tongrube der P. Ganselschen Ziegelei, nordwestlich der Dobrauer Steinbrüche. Die Grube misst etwa zweihundert Meter im Geviert; die Mächtigkeit des Geschiebemergels ist 4—5 m, stellenweise noch grösser. Das Liegende bilden tertiäre Sande, das Hangende nur eine schwache

Schicht fluvioglazialen Sandes. Profil Nr. 4 auf Karte I zeigt, wie sich die Grundmoräne in den Sand hineingeschoben hat.

Der Geschiebelehm ist hier ein sandiger kalkhaltiger, gelb oder graugelb gefärbter Ton, der mit Steinen verschiedenster Grösse gespickt ist. Die Geschiebe haben durchgängig die bekannte Facettenform, die ein Beweis für den Eistransport ist. Die Grösse der Transportkraft des Eises lernen wir ermessen an einem vorgefundenen mächtigen Block aus cenomanem Sandstein, der über 3 m im Durchmesser hat.

Was die Art und Herkunft der Geschiebe betrifft, so sind am meisten wohl vertreten die krystallinischen Gesteine Skandinaviens, Gneis, Granit, Hornblendegranit, Porphyr und Diorit, seltener auch andere Eruptivgesteine. Mehr noch als an diesen ist der nordische Ursprung an den sedimentären Gesteinen zu erkennen. Zum grössten Teile gehören sie dem Silur an, vielfach vertreten ist Choneten- und Beyrichienkalk. Einschlüsse von Petrefakten sind darin nicht selten, wenn auch oft schlecht bestimmbar. Ich habe folgende gefunden und bestimmen können.

Lituites lituus Montf.,
Chonetes striatella Dalm.,
Beyrichia tuberculata Klöd.,
Cardiola interrupta Sow.,
Orthoceras timidum Barr.,
Lingula Lewisii,
Rhynchonella cuneata Dalm.,
Spirifer plicatellus Lin.,
Striatopora flexuosa,
Leperditia Hiseringi Schmidt,
Atrypa reticularis Lin.,
Favosites gotlandica Lin.,
Palaeocyclus porpita Lin.,
Coenograptus gracilis Hall.,

ferner eine nicht festzustellende Art von Rhynchonella und Lingula.

Von jüngeren Gesteinen fand ich ein Stück, das ganz den Charakter des Schaumkalkes hatte und Pecten laevigatus Schlot. enthielt. Aus der Kreide sind vertreten grobkörniger cenomaner Sandstein und Feuersteinknollen aus der weissen Schreibkreide. Tertiärer Abstammung ist der Bernstein, der öfter, sogar in Stücken bis zu Faustgrösse, gefunden wird; die tertiären Gesteine aber haben sich bei ihrer Weichheit in der Grundmoräne aufgelöst.

An zwei Steinen konnte ich eine sehr deutliche Schrammung wahrnehmen, und zwar gehörten diese gekritzten Geschiebe den silurischen Kalken an. Ein Schrammen und Abschleifen des Untergrundes war natürlicherweise nicht zu bemerken, da nirgends ein festes Gestein dem Eise entgegenstand.

Eine weitere interessante Tatsache lässt sich aus dem Profil einer Kiesgrube unweit Oberschönfeld konstatieren (siehe Tafel II, Fig. 5). Es ist daraus deutlich erkennbar, dass das Vordringen des Inlandeises Schwankungen unterworfen war, dass es sich mehrmals zurückzog, um dann wieder mächtiger anzuschwellen.

Der Geschiebemergel bildet das jüngste tonige Sediment, da alluviale Lehme und Tone von irgendwelcher Bedeutung nicht bekannt sind.

II. Chemsich-analytischer Teil.

Bei den nachstehenden analytischen Untersuchungen habe ich im allgemeinen folgenden Gang eingehalten.

1. Schlämmanalyse.

Vorerst werden die Bestandteile des Tones ihrer Korngrösse nach getrennt. Hierzu weicht man 30—50 gr des über Schwefelsäure getrockneten Tones in ca. $^1/_4$ l Wasser auf, kocht längere Zeit unter Zusatz von ein wenig Sodalösung und unter Ergänzung des verdampfenden Wassers und spült dann den zerteilten Tonschlamm durch ein Sieb von 0,2 mm Maschenweite. Der Siebrückstand wird durch Siebe weiterhin getrennt in groben Sand (Korngrösse 0,2—1 mm), grandigen Sand (Korngrösse 1—2 mm) und Grand (Korngrösse über 2 mm), die getrocknet und gewogen werden. Die durch das Sieb gegangenen Teile spült man nach dem Absetzen und Abhebern der klaren Flüssigkeit in einen Schöneschen Schlämmtrichter[1]) und schlämmt sie bei verschiedener Stromgeschwindigkeit ab. Bei einer Stromgeschwindigkeit von 0,2 mm s^{-1} gehen die feinsten Teile unter 0,01 mm Korngrösse über (Feinschlamm), bei 0,5 mm s^{-1} der sandig-tonige Schluff mit einer Korngrösse von 0,01—0,02 mm, bei einer Geschwindigkeit von 2 mm s^{-1} die Korngrössen 0,02 – 0,05 mm als Staubsand. Das im Schlämmtrichter verbleibende Produkt von 0,05—0,2 mm Korngrösse bildet den Feinsand. Alle diese Teilprodukte ausser den

1) Vgl. Schöne, Journ. f. prakt. Chemie 47, S. 241 und W. Schütze, Türrschmidts Notizblatt 1871, 7, S. 307 und 1872, 8, S. 185.

feinsten Teilen werden getrocknet und gewogen, der Feinschlamm dagegen, der sich erst nach langer Zeit zu Boden setzt, wird aus der Differenz berechnet. Dieser Feinschlamm entspricht nicht, wie man annehmen könnte, der Tonsubstanz, wie Seger die hydratische kieselsaure Tonerde ($Al_2O_3\,2\,SiO_2\,2\,H_2O$) benennt, vielmehr stellt er nur ein auf mechanischem Wege erhaltenes feinkörniges Produkt dar, in dem die Tonsubstanz wohl angereichert ist, das aber je nach dem Charakter des verwandten Tones noch viel feinstsandige Bestandteile von Quarz und Mineraltrümmern enthalten kann. Die sandigen Schlämmprodukte werden mikroskopisch und chemisch, zum Teil auch mikrochemisch geprüft auf Kalkkörner (ev. Muschelreste), Feldspat und andere Mineraltrümmer wie Gyps, Eisenkies etc.

2. Quantitative Gesamtanalyse.

Das hygroskopische Wasser bestimme ich nie, da dessen Menge auch im vollständig lufttrocknen Tone mit der Luftfeuchtigkeit und Temperatur wechselt, vielmehr verwende ich zur Analyse feingeriebenes, bei 120° getrocknetes Tonpulver.

Der Glühverlust — chemisch gebundenes Wasser, Kohlensäure und organische Substanz — wird durch anhaltendes Glühen von 1—2 g Tonpulver im Platintiegel aus dem entstehenden Gewichtsverlust ermittelt.

Etwaige Kohlensäure wird durch Zersetzung von 1—2 g Ton im Fresenius-Willschen Apparat gefunden, die an Kalk und Magnesia gebundene Kohlensäure auch aus den durch Salzsäure ausgezogenen Mengen des Kalzium- und Magnesiumoxyds berechnet.

Organische Substanz war in den untersuchten Tonen nicht oder nur in einflussloser Menge vorhanden. Man bestimmt dieselbe, indem man 1-2 g Ton in einem Verbrennungsrohr unter Durchleiten von trockner Luft glüht und den entstehenden Wasserdampf im Chlorkalziumrohr

absorbiert und wiegt. Organische Substanz ist dann Glühverlust weniger Kohlensäure und Wasser.

Zur weiteren Untersuchung auf Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd, Kalk und Magnesia verreibt man 1—2 g des Tonpulvers mit dem fünffachen Gewicht Kaliumnatriumkarbonat — ist viel Tonerde zu erwarten, nimmt man mehr des letzteren —, erhitzt das Gemisch im Platintiegel langsam mit allmählich verstärkter Flamme und schmelzt es schliesslich zu einer durchsichtig-glasigen oder bei grossem Tonerdegehalt undurchsichtig-gesinterten Masse. Die Schmelze wird in dest. Wasser getan und bleibt am warmen Orte bis zur vollständigen Erweichung stehen. Durch Salzsäure wird dann die Kohlensäure vertrieben und die entstehende meist klare, selten durch ausgeschiedene flockige Kieselsäure getrübte Lösung zur Trockne verdampft. Der Rückstand wird auf 120^{0} erwärmt und dann mit konzentrierter Salzsäure befeuchtet, das Trocknen und Befeuchten mit Salzsäure wiederholt. Nach einiger Zeit wird dest. Wasser zugegeben und durch Kochen alle Bestandteile ausser der unlöslich gewordenen Kieselsäure in Lösung gebracht. Letztere filtriert man ab, wäscht sie mit heissem Wasser gut aus, glüht sie heftig im Platintiegel und wiegt. Um die Reinheit der so abgeschiedenen Kieselsäure zu prüfen, versetzt man sie mit Flusssäure und einigen Tropfen Schwefelsäure, dampft ein und glüht bis zur schwachen Rotglut. Ein verbleibender Rückstand ist als schwefelsaure Tonerde in Rechnung zu ziehen.

Das Filtrat, nötigenfalls durch Eindampfen konzentriert, wird in einer Halblitermassflasche bis zur Marke aufgefüllt und durchgeschüttelt. Zweihundert Kubikzentimeter dieser Lösung werden unter Zusatz von Schwefelsäure eingedampft, bis die Salzsäure vollständig vertrieben ist, und in einem Erlenmeyerkolben durch Zink reduziert. Durch Titrieren mit Kaliumpermanganat findet man die Menge des Eisenoxydes.

Weitere zweihundert Kubikzentimeter werden durch einige Tropfen Salpetersäure oxydiert, mit Ammoniak in

geringem Überschuss versetzt und nahezu bis zum Siedepunkte erwärmt. Tonerde und Eisenoxyd fallen so vollständig aus, werden heiss filtriert und mit heissem Wasser ausgewaschen. Da von den reichlich vorhandenen alkalischen Salzen beim Ausfällen immer etwas mit niedergerissen wird, löst man den Niederschlag in Salzsäure und wiederholt den Prozess des Ausfällens, Filtrierens und Auswaschens. Darauf wird bis zur Gewichtskonstanz geglüht und gewogen; von der so erhaltenen Summe Tonerde und Eisenoxyd das schon bestimmte Eisenoxyd abgezogen, ergibt die Menge der Tonerde.

Das zweite Filtrat wird dem ersten hinzugefügt, mit Ammoniak und oxalsaurem Ammonium versetzt und 12 Stunden lang an einen warmen Ort gestellt. Der ausgeschiedene oxalsaure Kalk wird filtriert, kalt ausgewaschen, heftig geglüht und als Kalziumoxyd gewogen.

Nach Entfernung des Kalkes schlägt man die Magnesia mit Ammoniak und Natriumphosphat nieder; filtriert nach 24 stündigem Stehen und glüht den Niederschlag schwach im Porzellantiegel, nachdem man vorher das Filter für sich verascht hat. Verascht das Filter nicht vollständig, was meistens der Fall war, so wird ein Tropfen Salpetersäure zugefügt, zur Trockne verdampft und nochmals geglüht. Aus der gewogenen Menge des Magnesiumpyrophosphats berechnet man die Magnesia.

Zur Bestimmung der Alkalien ist ein besonderer Aufschluss des Silikats nötig. Hierzu dampft man ca. 2 g des trocknen Tonpulvers im Platintiegel mit reiner Flusssäure ein, zuletzt unter Hinzufügen von konz. Schwefelsäure. Dann wird der Tiegel vorsichtig über freier Flamme erhitzt, bis Dämpfe von Schwefelsäure entweichen; der Tiegelinhalt wird hierauf längere Zeit mit salzsaurem Wasser auf dem Wasserbade erwärmt, bis sich alles gelöst hat. Ein etwaiger Rückstand wird abfiltriert, zur Veraschung des Filters geglüht und nochmals mit Flusssäure und Schwefelsäure behandelt. Die beiden Lösungen werden zusammengegossen

und Tonerde, Eisenoxyd und Kalk wie oben beschrieben, bestimmt. Die Resultate dienen zur Vergleichung mit den aus dem Kaliumnatriumkarbonat-Aufschluss gewonnenen. Hierauf entfernt man die Magnesia durch Schaffgotschsche Lösung, dampft die übrigbleibenden Alkalisulfate zur Trockne ein, glüht und wiegt. Ist wenig Alkali vorhanden, so prüfe ich qualitativ, ob Kali oder Natron vorherrscht; bei grösseren Mengen derselben berechne ich beide indirekt aus der Menge der Schwefelsäure, die ich in den Alkalisulfaten durch Ausfällen mit Bariumchlorid bestimme.

Bezeichnet a die Menge der Alkalisulfate,
b „ „ des Schwefelsäureanhydrits,
x „ „ des Natrons,
y „ „ des Kali,

so ist:

$$\frac{142}{62} x + \frac{174}{94} y = a$$

$$\frac{80}{62} x + \frac{80}{94} y = b$$

$$x = \frac{31}{640} [87 b - 40 a].$$

$$y = \frac{47}{640} [40 a - 71 b].$$

3. Rationelle Analyse.

Der Ton ist keine einheitliche chemische Verbindung, sondern ein Gemenge verschiedener Mineralien — in der Hauptsache Tonsubstanz, in der reinsten Form $Al_2 O_3 \, 2 Si O_2 \, 2 H_2 O$ in den Kaolinen enthalten, Quarz und Gesteins- und Mineraltrümmer der Gesteine, aus dem der Ton durch Verwitterung entstanden ist. Ferner sind ihm durch gleichzeitige Sedimentation oder späterer Infiltration kohlensaurer Kalk und Magnesia und Eisenoxyd- und -oxydulverbindungen beigemengt. Als Verunreinigungen

können vorhanden sein Gyps, Eisenkies und Spuren andrer Minerale.

Eine bessere Erkenntnis dieser Konstitution der Tone, als sie die chemische Gesamtanalyse bietet, gewährt die von Seger vervollkommnete Methode der sogenannten rationellen Analyse. Sie beruht darauf, dass die Tonsubstanz durch starke Schwefelsäure in der Hitze zerlegbar ist und die entstehenden Produkte durch Natronlauge und Salzsäure entfernt werden können.

Hierzu werden ca. 5 g Ton, der nur soweit zerdrückt wird, dass die Quarz- und Mineralkörner nicht wesentlich zerkleinert werden, in einer mit einem Uhrglase bedeckten Platinschale mit Wasser und ca. 25 ccm konz. Schwefelsäure gekocht, bis diese zum grössten Teile abgeraucht ist. Den Rückstand befeuchte ich, um der Zersetzung der Tonsubstanz sicher zu sein, wiederum mit konz. Schwefelsäure, rauche ab und verdünne dann mit Wasser. Sobald die festen Teile sich zu Boden gesetzt haben, wird die klare Flüssigkeit durch Dekantieren oder Abhebern in ein Becherglas entfernt. Hier lässt man die etwa mitgerissenen sandigen Teile absetzen und giesst die klare Flüssigkeit weg. Der Rückstand in der Platinschale wird nun mehrmals abwechselnd mit Natronlauge und Salzsäure gekocht, Wasser zugegeben und jedesmal wie oben die klare Lösung in das Becherglas dekantiert. Diese Art und Weise ziehe ich dem sonst gebräuchlichen Verfahren, auf ein Filter zu giessen und den Rückstand vom Filter in die Platinschale zurückzuspritzen, vor, da die Handhabung einfacher und die Genauigkeit zum mindesten ebenso gross ist; während des ganzen Waschprozesses gingen im Maximum 0,04 % sandige Bestandteile über. Diese werden mit dem Rückstande in der Schale vereinigt, auf ein Filter gespült, mit verdünnter Salmiaklösung ausgewaschen, geglüht und gewogen. (Quarzsand und feldspatartige Mineraltrümmer.)

Durch Flussäure schliesst man dieselben auf und bestimmt darin Tonerde, Kalk und Alkalien. Unter Hinzu-

ziehung der entsprechenden Menge Kieselsäure (3,51 fache Menge der Tonerde) berechnet man die sauern Silikate als Orthoklas. Der Rest der Kieselsäure ist der Quarzsand.

Sind kohlensaurer Kalk und Magnesia im Tone vorhanden, so werden sie wie früher angegeben bestimmt. Bei Ausführung der rationellen Analyse aber muss vorm Zusetzen der Schwefelsäure erst der Kalk durch Salzsäure entfernt werden, da sich sonst schwerlöslicher Gyps bildet.

Quarzsand, Feldspat, Erdkarbonate und etwa vorhandene Verunreinigungen, Gyps,[1]) Eisenkies[1]) und organische Bestandteile, von der angewandten Menge Ton abgezogen, ergibt die Tonsubstanz, die hydratische kieselsaure Tonerde, deren Zusammensetzung aus der Gesamt- und rationellen Analyse berechnet werden kann.

Nicht berücksichtigt ist bei der Ermittlung der Tonsubstanz, dass, wie die mechanische Analyse zeigt, die Tone oft Kaliglimmer (Muskovit) führen, der von allen Glimmerarten am meisten der mechanischen und chemischen Zerstörung widersteht und ebenso wie die Tonsubstanz durch Schwefelsäure zerlegbar ist. Es wird darum eine gewisse Menge Kieselsäure, Tonerde, Kali und Wasser ihm zuzurechnen sein; da er aber meist nur in geringer Menge vorhanden ist und seine Zusammensetzung derjenigen der Tonsubstanz sehr ähnelt — Glimmer $(H, K)_2 O : Al_2 O_3 : 2 Si O_2$, Tonsubstanz $2 H_2 O : Al_2 O_3 : 2 Si O_2$ —, so wird das Äquivalentverhältnis der Einzelbestandteile der Tonsubstanz wenig geändert, wenn ihr die dem Glimmer zukommenden Mengen mit zugeschrieben werden.

Ebenso ist die Frage offen gelassen worden, in welcher Art das Eisenoxyd im Tone gebunden ist; die vor-

1) Man bestimmt den Gyps, indem man ihn durch Kochen mit salzsäurehaltigem Wasser aus dem Tone auszieht und die Schwefelsäure durch Chlorbarium fällt.

Eisenkies wird durch längeres Digerieren mit starker Salzsäure und Kaliumchlorat in der Wärme zersetzt und dann die Schwefelsäure bestimmt. Die Differenz beider Schwefelsäuremengen entspricht dem Schwefelgehalt des Eisenkieses.

kommenden geringen Mengen habe ich der Tonsubstanz zugerechnet.

4. Pyrometrische Untersuchung.

Proben der einzelnen Tone wurden bei verschiedenen Temperaturen gebrannt, wobei letztere durch Segerkegel bestimmt wurden. Ich ziehe zu diesen Versuchen industrielle Öfen der grösseren Gleichmässigkeit und längeren Brenndauer wegen dem Segerofen vor. Die Beobachtung erstreckte sich auf Zunahme der Verdichtung, Sinterungspunkt und Brennfarbe.

Den Grad der Feuerfestigkeit stellte ich durch Schmelzversuche im Devilleschen Gebläseofen fest, wobei ebenfalls die Temperatur durch Segerkegel gemessen wurde.

Die senonen Tone.

I. 1. Als reinste Varietät dieser Tone wählte ich einen sandigen Ton aus, der seiner Reinheit wegen von den Töpfern als Begusston verwandt wird. Zu diesem Zwecke schlämmen sie ihn, um den groben Quarzsand zu entfernen, und überziehen mit dem dünnen Schlicker die halbtrocknen ungebrannten Gefässe, sodass die Grundfarbe des Scherbens verdeckt wird und nach dem Brennen ein reines Weiss durch die durchsichtige Glasur durchleuchtet. Der rohe Ton hat im trocknen Zustande eine reinweisse Farbe und auch äusserlich das Aussehen eines sandigen Kaolins. Er wird sowohl bei Bunzlau wie in der Gegend von Naumburg in einzelnen Schichten gefunden und gut ausgehalten.

Schlämmanalyse.

Grober Sand	2,00
Feinsand	16,01
Staubsand	6,38
Schluff	22,29
Feinschlamm	53,32

Die sandigen Schlämmprodukte bestanden aus reinem Quarz mit einer ganz geringen Menge Glimmer. Der Grobsand enthielt ausserdem einige Feldspatkörner.

Gesamtanalyse.

Kieselsäure	77,04	
Tonerde	16,79	
Eisenoxyd	0,59	
Kalk	—	
Magnesia	0,31	
Alkalien	0,89	
Glühverlust	5,07	nur Wasser
	100,69	

Rationelle Analyse.

Tonsubstanz	42,12
Quarz	55,82
Feldspat	2,06

Aus beiden Analysen berechnet sich das wichtigste Mineral, die Tonsubstanz, wie folgt:

Kieselsäure	46,86	
Tonerde	37,94	39,32
Eisenoxyd	1,38	
Magnesia	0,72	13,82
Kali	1,26	
Chem. geb. Wasser	11,84	
	100,00	

Unter der Annahme, dass sich einerseits Tonerde und Eisenoxyd, andrerseits Kalk, Magnesia, Alkalien und chem. gebundenes Wasser gegenseitig vertreten können, stimmt hier die Zusammensetzung der Tonsubstanz mit der Formel $Al_2 O_3 2 Si O_2 2 H_2 O$ gut überein; diese erfordert:

Tonerde	39,56 %
Kieselsäure	46,50 %
Wasser	13,94 %

Verhalten im Feuer.

Bei Segerkegel 10 (ca. 1330° C) gebrannt, saugt der Scherben noch stark, bei Kegel 16 (ca. 1450°) ist er etwas dichter, nimmt aber auch noch viel Wasser auf. Die Brennfarbe bleibt bis zu dieser Temperatur reinweiss. Der Schmelzpunkt ist

für den rohen	Ton	Kegel	32	(1770°)
„ „ geschlämmten	„	„	33—34	(1800°)

Ein gleicher Ton aus Weissvorwerk bei Tiefenfurt wurde im geschlämmten Zustand zweimal einer rationellen Analyse unterzogen, er bestand aus:

	I.	II.
Tonsubstanz	71,37	71,81
Quarz	26,50	26,41
Feldspat	2,13	1,78

Im geschlämmten Zustande gleichen diese weissen sandigen Tone durchaus den geschlämmten Kaolinen, sie sind wie diese wenig bildsam, ebenso besitzen sie die Eigenschaft, erst in höchster Weissgluthitze zu schwinden und sich zu verdichten, während plastische Tone, auch wenn sie sehr rein, also fast frei von Eisenoxyd, Alkalien und Erdalkalien sind, bei bedeutend niedrigerer Temperatur zu schwinden beginnen und auch früher den Sinterungspunkt erreichen.

Der analysierte Ton gehört also zur Klasse der Kaoline an sekundärer Lagerstätte; es ist auch gelungen, aus ihm Porzellan herzustellen.

II. 2. Typus. Ein äusserst fetter, plastischer Ton, der keinen groben Sand einschliesst, von gleichmässiger Beschaffenheit. Seine Farbe ist im grubenfeuchten Zustande hellgrau, lufttrocken weissgrau.

Schlämmanalyse.

Grobsand	0,30	reiner Quarz mit Spuren von Glimmer
Feinsand	3,00	
Staubsand	2,70	

Schluff	0,99
Feinschlamm	93,01

Die Tonteilchen haften so fest am Quarz, dass sie sich nur schwer von ihm trennen liessen. Es war deshalb nötig, nach Abschlämmen der feinsten Teile den Rückstand in ein Kasserol zurückzuspülen und durch Aufkochen und langandauerndes Schütteln mühsam die Tonsubstanz zur feinen Verteilung im Wasser zu bringen. Besonders letzteres Verfahren war sehr wirksam, da sich hierbei die Sandkörnchen leicht aneinander reiben.

Gesamtanalyse.

Kieselsäure	60,20
Tonerde	26,59
Eisenoxyd	1,46
Kalk	0,48
Magnesia	0,55
Alkalien	2,33
Chem. geb. Wasser	8,20
Organ. Substanz	Spuren
	99,81

Rationelle Analyse.

Tonsubstanz	71,61
Quarz	26,39
Feldspat	2,00

Die Tonsubstanz berechnet sich:

Kieselsäure	45,51
Tonerde	36,71
Eisenoxyd	2,04
Kalk	0,67
Magnesia	0,77
Kali	2,80
Chem. geb. Wasser	11,48

Das Äquivalentverhältnis $SiO_2 : Al_2O_3 + Fe_2O_3 : CaO + MgO + K_2O + H_2O$ ist bei der Tonsubstanz

2,04 : 1,00 : 1,88.[1])

Verhalten im Feuer.

Beginn der Sinterung Kegel 7—8 (1280°)
Vollständige „ „ 10 (1330°)

Die Farbe des gesinterten Scherbens ist lichtgrau, mit einem Schein ins Gelbe, wenn oxydierend, rein grau, wenn reduzierend gebrannt wird. Bei Kegel 17 (1470°) ist eine Veränderung durch Aufblähen noch nicht eingetreten. Der Schmelzpunkt ist ziemlich hoch, Segerkegel 31.

III. 3. Typus. Glashafenton.

Fundort: Königswaldau, in der Nähe von Naumburg a. Qu. Ein dem vorigen sehr ähnlicher Ton von gleicher Farbe, aber noch grösserer Plastizität.

Schlämmanalyse.

Grobsand	0,15
Feinsand	0,30
Staubsand	1,79
Schluff	2,09
Feinschlamm	95,67

In den sandigen Schlämmprodukten war stark verwitterter Feldspat — die mürbe Kruste war durch heisse konz. Schwefelsäure zersetzbar — bis zu einem Drittel des Gewichts vertreten. Von Glimmer zeigten sich nur Spuren.

Da nur 2,24 Prozent eine Korngrösse über 0,02 mm besitzen, so ist dieser Ton als ein auf natürlichem Wege äusserst feingeschlämmter anzusehen.

---

1) Vgl. S. 37, Bemerk. über Glimmer.

Gesamtanalyse.

Kieselsäure	56,56
Titansäure	0,19
Tonerde	30,24
Eisenoxyd	1,05
Kalk	0,19
Magnesia	0,43
Alkalien	1,26
Glühverlust	9,95
	99,87

Bemerkenswert ist der Gehalt an Titansäure, wenngleich er sehr gering ist.

Rationelle Analyse.

Tonsubstanz	81,27
Quarz	17,60
Feldspat	1,13

Die Tonsubstanz berechnet sich zu:

Kieselsäure	47,21
Tonerde	37,11
Eisenoxyd	1,31
Kalk	0,24
Magnesia	0,54
Kali	1,33
Chem. geb. Wasser	12,28

Verhalten im Feuer.

Darin war er dem Ton II ganz gleich, nur hatte der gesinterte Scherben eine lichtere Färbung. Im Deville-Ofen schmolz er bei Kegel 33 (ca. 1790°) zu einem emailartigen Glase.

Da der Ton von hoher Feuerfestigkeit ist, sich leicht dicht brennt und besonders da er trotz hohen Tonsubstanzgehaltes und grosser Plastizität wenig Neigung hat, beim Trocknen zu reissen und sich zu verziehen — es lässt dies

einen Rückschluss auf eine durchaus homogene Beschaffenheit zu —, wird er zur Herstellung der Glashäfen verwandt, an die hohe pyrotechnische Ansprüche gestellt werden; denn einerseits sollen sie hohem Feuer widerstehen, andrerseits aber auch schnellen Wechsel der Temperaturen vertragen können und vom feurigen Glasflusse nicht angegriffen werden.

Wie gleichmässig die Beschaffenheit des Tones im Laufe der Zeit geblieben ist, beweist folgende von C. Bischof[1]) im Jahre 1883 angefertigte Analyse desselben Tones.

Kieselsäure	56,76
Tonerde	30,88
Eisenoxyd	0,77
Kalk	0,09
Magnesia	0,39
Alkalien	0,69
Glühverlust	10,21
	99,79

Die fernere Angabe Bischofs, dass durch Schwefelsäure nicht zersetzbar sind:

Kieselsäure	34,74
Tonerde	0,70
Kali	0,28

beruht wohl auf einer Verwechslung, da sie mit der quantitativen Analyse nicht im Einklang steht.

IV. 4. Typus. Ein plastischer Ton mittlerer Beschaffenheit, infolge höheren Eisenoxydgehaltes schwach hellgelb gefärbt. Knirschen beim Reiben des Tones weist auf Sandgehalt hin.

Schlämmanalyse.

Grobsand	6,33
Feinsand	24,66
Staubsand	0,52
Schluff	0,12
Feinschlamm	68,37

1) C. Bischof, Gesammelte Analysen, S. 67.

Der Sand ist reiner Quarz, nur hin und wieder ein Feldspatkorn und ein Glimmerblättchen, Glimmer besonders im Staubsand.

Gesamtanalyse.

Kieselsäure	69,76	
Tonerde	19,77	
Eisenoxyd	2,62	
Kalk	0,31	
Magnesia	0,40	
Alkalien	1,16	
Glühverlust	6,42	nur Wasser
	100,44	

Rationelle Analyse.

Tonsubstanz	54,79	
Quarz	43,62	
Feldspat	1,59	
letzterer besteht aus:		
Kali	0,26	
Tonerde	0,30	
Kieselsäure	1,03	= berechnet.

Die Tonsubstanz berechnet sich zu:

Kieselsäure	45,45
Tonerde	35,24
Eisenoxyd	4,74
Kalk	0,56
Magnesia	0,73
Kali	1,63
Chem. geb. Wasser	11,62

Das Äquivalentverhältnis $SiO_2 : Al_2O_3 + Fe_2O_3 : CaO + MgO + K_2O + H_2O = 2,02 : 1,00 : 1,84$.

Hierbei ist also angenommen, dass sich das Eisenoxyd in gleicher Weise wie die Tonerde mit der Kieselsäure

verbindet. Nimmt man aber an, wie sich aus der gelben Farbe des Tones schliessen liesse, dass das Eisen als Oxydhydrat in feiner Verteilung dem Tone beigemengt ist, so würde sich verhalten:

$$SiO_2 : Al_2O_3 : CaO + MgO + K_2O + H_2O = 2{,}19 : 1 : 1{,}74.$$

Die erste Annahme ist wohl die richtigere.

Verhalten im Feuer.

Der geschlämmte Ton (Feinschlamm) ist bei Kegel 7—8 (ca. 1280°) vollständig zu einem dichten, grauen Scherben gesindert, der Rohton dagegen ist bei Kegel 16 (1450°) noch porig, wenn auch in geringem Masse. Die Menge des sinternden Feintons genügt nicht, alle Sandkörner zu umschliessen; aus diesem Grunde ist die Brennfarbe bei dieser Temperatur auch grau-weiss gesprenkelt.

Schmelzpunkt ist Segerkegel 29. Der Ton gehört in die Klasse der halbfeuerfesten.

V. 5. Typus. Ein sehr fetter, plastischer Ton, bei dem Sand nicht bemerkbar ist. Farbe ist rotviolett. Fundort: Grube 3. (S. 15.)

Schlämmanalyse.

Grobsand	vac.
Feinsand	1,11
Staubsand	0,12
Schluff	0,25
Feinschlamm	98,52

Der Feinsand besteht aus rötlich gefärbtem Quarz, vermengt mit verwitterten, in heisser Salzsäure löslichen Trümmern eines Silikates. Glimmer zeigte sich nur in ganz geringen Spuren.

Gesamtanalyse.

Kieselsäure	62,51
Tonerde	23,79
Eisenoxyd	4,46
Kalk	0,30
Magnesia	0,88
Alkalien	0,62
Glühverlust	7,90
	100,46

Rationelle Analyse.

Tonsubstanz	74,08
Quarz	23,95
Feldspat	1,97

berechnet aus 0,36 Al_2O_3.

Die Tonsubstanz berechnet sich zu:

Kieselsäure	50,00
Tonerde	31,43
Eisenoxyd	5,99
Kalk	0,40
Magnesia	1,17
Kali	0,40
Chem. geb. Wasser	10,60

Das Äquivalentverhältnis

$$SiO_2 : Al_2O_3 + Fe_2O_3 : CaO + MgO + K_2O + H_2O = 2,40 : 1 : 1,82$$

oder unter Ausschaltung des Eisenoxydes

$$SiO_2 : Al_2O_3 : CaO + MgO + K_2O + H_2O = 2,69 : 1 : 2,04.$$

Aus beiden Formeln lässt sich folgern, dass hier die Tonsubstanz entweder ein Gemenge verschiedener Silikate ist (vgl. das auf voriger Seite über Feinsand Gesagte) oder lösliche Kieselsäure enthält.

Verhalten im Feuer.

Sinterung tritt ein etwa bei Segerkegel 1—2 (1160°). Die rote Brennfarbe wird mit steigernder Temperatur dunkler bis zum schwarzviolett. Über Kegel 13 bläht der Ton auf und schmilzt bei Kegel 24 zu einem schwarzen, trüben Glase.

Für feuerfeste Waren ist dieser Ton nicht mehr verwendbar.

VI. 6. Typus. Formmasse.

Um ein Bild davon zu bekommen, welcher Art Tone im Töpfereigewerbe als Arbeitstone geeignet sind, untersuchte ich eine derartige Masse. Dieselbe wird hergestellt, indem man verschiedene Tone, deren Anteile sich nach ihrem Charakter richten, durch einen Tonschneider mehrmals gut durcheinander knetet.

Schlämmanalyse.

Grobsand	4,05
Feinsand	16,69
Staubsand	2,88
Schluff	1,13
Feinschlamm	75,25

Der Sand war reinweisser Quarz mit wenig Glimmer.

Gesamtanalyse.

Kieselsäure	69,89
Tonerde	20,37
Eisenoxyd	2,50
Kalk	0,41
Magnesia	0,38
Alkalien	nicht bestimmt
Glühverlust	6,31
	99,86

Rationelle Analyse.

Tonsubstanz	54,26
Quarz	44,71
Feldspat	1,03

Die Tonsubstanz berechnet sich zu:

Kieselsäure	45,15
Tonerde	37,17
Eisenoxyd	4,60
Kalk	0,75
Magnesia	0,70
Kali	—
Chem. Wasser	11,63

Das Äquivalentverhältnis ist

$$SiO_2 : Al_2O_3 + Fe_2O_3 : CaO + MgO + H_2O = 1,91 : 1 : 1,72.$$

Bei der letzten Zahl ist zu beachten, dass Kali fehlt.

Ich führe noch die rationellen Analysen von zwei anderen Massen an:

	I.	II.
Tonsubstanz	55,09	63,85
Quarz	42,84	34,27
Feldspat	2,07	1,88

Die zweite Masse ist etwas fetter als die allgemein gebräuchliche.

Die Analysen zeigen, dass man als Formmasse einen Ton mittlerer Beschaffenheit verwendet, wie Ton 4 einen solchen darstellt, oder durch Vermischen fetten und sandigen Tones erzeugt. Ein gewisser Gehalt an feinkörnigem Sand ist notwendig, weil sich erst dann die Masse auf der Töpferscheibe gut verarbeiten lässt; auch ist ein derartiger Scherben gegen schnellen Temperaturwechsel widerstandsfähiger und nicht so glasartig spröde wie ein Scherben aus fettem Tone. Der rote Ton wird seines grösseren Eisenoxydgehaltes wegen zu diesem Zweck nicht oder nur zu einem geringen Prozentsatz benutzt.

Im Anschluss hieran seien noch die rationellen Analysen verschiedener Tonsorten genannt, wie sie auf technische Weise zum Zwecke der Steinzeug- und Steingutfabrikation geschlämmt wurden.

Herkunft und Art des Tones	Ton-substanz	Quarz	Feldspat
Geschl. Bunzlauer Arbeitston .	77,67	18,76	3,57
derselbe	79,18	18,82	2,00
„ weisser Ton (Ton I.) .	82,17	15,69	2,14
derselbe	81,87	16,03	2,10
„ Ton von Ullersdorf am Bober	87,04	11,44	1,52

Aus vorstehenden Untersuchungen ist zu ersehen, dass die senonen Tone neben Tonsubstanz, Quarz und einer geringen Menge unverwitterter Mineraltrümmer aus der Klasse der Feldspäte und Glimmer wesentliche andere Bestandteile nicht enthalten. Kohlensaurer Kalk ist nirgends vorhanden, auch nicht als Konkretionen oder Muschelreste; Eisenkies und andere schädliche Mineralien fehlen ganz, nur führen manche Schichten Körner braunen Toneisensteins, die allerdings durch die beim Brennen entstehenden schwarzen Flecke in der Geschirrfabrikation Schaden stiften.

Zur Feststellung, ob sich wasserlösliche Salze in den Tonen befanden, wurden von allen Tonen gleiche Mengen genommen, gut gemischt und davon 59,107 g mit destilliertem Wasser gekocht. Der Tonbrei wurde in ein Massgefäss von 1 Liter Inhalt gespült und das Gefäss bis zur Marke mit Wasser aufgefüllt. Nachdem sich der Ton abgesetzt hatte — worüber eine geraume Zeit verging —, wurden von der Lösung 600 ccm abgesogen und eingedampft. Der Rückstand, bei 120° getrocknet, betrug 0,0108 g; durch Glühen ging 0,0033 g organische Substanz und Kristallwasser weg, es verblieben 0,0075 g schwefelsaurer Kalk.

Es konnten also ausser Spuren organischer Verbindungen durch Wasser nur 0,027 % Gyps ausgezogen werden. Da diese Menge sehr gering ist, so habe ich die Bestimmung derselben in den einzelnen Tonen unterlassen.

Um das Verhalten der Tone gegenüber Glasuren zu prüfen, habe ich zunächst die in Gebrauch stehenden

Glasuren analysiert, um dann hiervon ausgehend synthetisch diese Verhältnisse weiter zu verfolgen. Als Versuchsscherben kommt der Arbeitston der Töpfer in Frage, wie er oben analysiert ist und wie gesagt die mittlere Beschaffenheit der verbreitetsten Tone vorstellt.

Zur Aussendekoration der Gefässe verwendet man in den Töpfereien zumeist die Braunglasur, einen fertig in der Natur vorkommenden feingeschlämmten, eisenschüssigen graubraunen Mergellehm, der etwa bei Segerkegel 9 ausfliesst und nach dem Erkalten eine mattglänzende Glasur von schöner brauner Farbe gibt. Das Innere der Gefässe wird mit einer farblosen durchsichtigen Glasur überzogen, die künstlich durch Feinmahlen verschiedener Materialien hergestellt wird. Da dieselbe durchsichtig ist, verdeckt man die graugelbe Farbe des Scherbens, wie oben bei Ton I erwähnt, mit einer dünnen Schicht weissen geschlämmten Begusstones.

1. Braune Erdglasur oder Farblehm.

Schlämmanalyse.

Feinsand	9,09	
Staubsand	46,72	
Schluff	25,67	schwer zu trennen.
Feinschlamm	18,52	

In den Sanden war festzustellen: kohlensaurer Kalk, Glimmer, Kalifeldspat, Eisenocker, Kohlenteilchen.

Gesamtanalyse.

Kieselsäure .	61,23	
Tonerde . .	13,43	
Eisenoxyd . .	6,66	
Kalk	4,18	
Magnesia . .	1,26	
Alkalien . .	4,10	
Glühverlust .	9,16	CO_2, H_2O und ein wenig org. Subst.
	100,02	

Rationelle Analyse.

Durch Salzsäure waren ausziehbar 7,11 % kohlens. Kalk, 2,42 % kohlens. Magnesia, 6,12 % Eisenoxyd, als Eisenoxydhydrat vorhanden angenommen:

Tonsubstanz	30,60
Kohlens. Kalk	7,11
„ Magnesia	2,42
Eisenoxydhydrat	7,96
Quarz	38,93
Feldspat	12,98
	100,00

Für die Tonsubstanz bleibt nach Abzug der andern Bestandteile übrig:

Kieselsäure	13,88	=	45,36 %
Tonerde	11,05	=	36,11 %
Eisenoxyd	0,54	=	1,78 %
Kalk	0,20	=	0,65 %
Magnesia	0,11	=	0,36 %
Alkalien	1,90	=	6,21 %
Chem. geb. Wasser und org. Substanz	2,92	=	9,54 %
	30,60	=	100,01 %

Um die Wirkungsweise der Komponenten einer Glasur besser überblicken zu können, stellt man sie nach molekularen Mengen in einer Formel zusammen, wobei man die Summe der Fussmittel = 1 setzt; die sich verflüchtigenden Bestandteile bleiben unberücksichtigt. Es soll durch die Formel nicht die Meinung erweckt werden, dass eine Glasur eine einheitliche chemische Verbindung vorstellt; denn wir wissen aus Versuchen von Ebell, Knapp und andern, dass feurigflüssige Silikate Kieselsäure, Tonerde und andere Basen, Salze und Metalle in grosser, das Gewicht des Lösungsmittels bisweilen übersteigender Menge aufzulösen imstande sind. Bei sehr langsamem Erkalten fallen diese Substanzen aus übersättigter Lösung aus. Glasuren wie Gläser sind also starre Lösungen.

Für die Braunglasur lautet die Formel:

$$\left.\begin{array}{l} 0{,}186\,K_2O \\ 0{,}320\,CaO \\ 0{,}137\,MgO \\ 0{,}357\,FeO^{1)} \end{array}\right\} 0{,}570\,Al_2O_3\ 4{,}38\,SiO_2$$

Es drängt sich nun die Frage auf: Wie entsteht die braune Farbe, die die Glasur nach dem Brande besitzt? Schon mit unbewaffnetem Auge ist zu erkennen, dass dieselbe als dünnes Häutchen auf einer durchsichtigen dunklen Glasur schwimmt, das sich erst beim Erkalten in sauerstoffhaltiger Atmosphäre bildet; denn sowohl durch plötzliches Abschrecken wie durch Erkalten in reduzierenden Gasen kann der Vorgang verhindert werden. Unter dem Mikroskop im Dünnschliff zeigt sich die dunkle Glasur durchsichtig klar, nur von runden, von Gasbläschen herrührenden Poren erfüllt. Ferner ist deutlich wahrnehmbar, wie die Glasur in den saugenden Scherben eingedrungen ist und hier Stoffe durch Lösung in sich aufgenommen hat, wodurch die Entstehung von feinen Kristallnadeln verursacht wurde, die sich an die Tonteilchen (nicht an den Quarz) des Scherbens radial angesetzt haben. Nach der Oberfläche zu wird die dunkle Glasur getrübt durch braune Ausscheidungen, die bald so dicht werden, dass man auch durch den dünnsten Schliff nicht mehr hindurchsehen kann. Hiermit ist also die Art der Ausscheidung nicht zu erkennen. Eine bessere Handhabe bieten Stücke, bei denen sich durch besonders günstige Verhältnisse der braune Stoff in kleine Kristalle, die flach auf der Oberfläche der Glasur liegen, zusammengezogen hat. Die Farbe derselben ist rot, genau wie sie Eisenglimmer in sehr dünnen Blättchen zeigt; die höchst unvollkommen ausgebildeten Kristalle sind augenscheinlich rhomboedrisch. Versuche, wobei ich Eisenoxyd aus normalen Glasuren auskristallisieren liess, bestätigten durch die Farbe und den Habitus der Kristalle die Annahme, dass die braune Farbe durch ausgeschiedenes Eisenoxyd bewirkt wird.

1) Das Eisen ist bei Schmelzhitze als Oxydul vorhanden.

2. Durchsichtig-weisse Glasur.

Dieselbe ist staubfein gemahlen und kann mit Wasser zu einem dünnen, sich nur langsam absetzenden Schlicker von Rahmkonsistenz angerührt werden.

Gesamtanalyse.

Kieselsäure .	56,00	
Tonerde . .	14,02	darin Spuren von Eisenoxyd
Kalk	12,12	
Magnesia . .	0,05	
Natron . . .	1,00	
Kali	3,80	
Chem. Wasser u. Kohlensäure	12,80	
	99,79	

Da die Glasur augenscheinlich nur aus rohen Materialien zusammengemischt, die Tonsubstanz also nicht durch Frittung in Schwefelsäure unlöslich gemacht war, so konnte zu ihrer Bestimmung die rationelle Analyse angewandt werden.

Diese ergab:

Tonsubstanz	23,26
Kohlensaurer Kalk	21,88
„ Magnesia	0,20
Quarzsand	26,10
Feldspat	28,56
	100,00

Der Feldspat setzt sich zusammen aus:

Kieselsäure	18,74	=	65,62 %
Tonerde	5,34	=	18,69 %
Kalk	0,08	=	0,28 %
Natron	0,68	=	2,38 %
Kali	3,72	=	13,03 %
	28,56	=	100,00 %

Da zu farblosen Glasuren nur die reinsten Materialien, also nur Kaoline oder Kaolintone, genommen werden können, deren Tonsubstanz annähernd aus 39,56 % Tonerde, 46,50 % Kieselsäure und 13,94 % gebundenem Wasser besteht, so lässt sich rückwärts aus der rationellen Analyse die quantitative Zusammensetzung berechnen. Tut man dies, so erhält man:

	berechnet		anal. gefunden
Kieselsäure	55,70		56,00
Tonerde	14,49		14,02
Kalk	12,33		12,12
Magnesia	0,10		0,05
Natron	0,68		1,00
Kali	3,72		3,80
Chem. Wasser	3,24	12,98	12,80
Kohlensäure	9,74		

Die gute Übereinstimmung beider Reihen ist ein Beweis erstens für die Richtigkeit der rationellen Analyse, zweitens, dass zur Herstellung der Glasur unverglühter Kaolin verwandt wurde, unter welcher Voraussetzung allein die rationelle Analyse möglich war.

3. *Eine farblose durchsichtige Glasur andrer Herkunft, im Verhalten der vorigen gleich.*

Gesamtanalyse.

Kieselsäure	63,10	
Tonerde	10,88	Spur Eisenoxyd
Kalk	11,38	
Magnesia	0,13	
Kali	4,88	
Glühverlust	9,26	
	99,63	

Rationelle Analyse.

Tonsubstanz	16,04
Kohlensaurer Kalk	19,57
„ Magnesia	0,11
Quarz	39,55
Feldspat	24,73

Letzterer besteht aus:

Kieselsäure	16,01	= 64,74 %
Tonerde	4,54	= 18,36 %
Kali	4,18	= 16,90 %
	24,73	= 100,00 %

Unter denselben Annahmen wie bei Glasur 2 berechnet man aus der rationellen Analyse die chemische Zusammensetzung zu:

	berechnet		gefunden
Kieselsäure	63,06		63,10
Tonerde	10,87		10,88
Kalk	10,96		11,38
Magnesia	0,05		0,13
Kali	4,18		4,88
Chem. Wasser . . .	2,22	10,88	9,26
Kohlensäure	8,66		

Auch hier stimmt die Rechnung mit dem Befund der Analyse überein.

Die Formel (s. S. 52) lautet für Glasur 2:

$$\left.\begin{array}{l}0{,}789\ CaO\\ 0{,}005\ MgO\\ 0{,}059\ Na_2O\\ 0{,}147\ K_2O\end{array}\right\}\ 0{,}501\ Al_2O_3\ 3{,}405\ SiO_2$$

für Glasur 3:

$$\left.\begin{array}{l}0{,}787\ CaO\\ 0{,}012\ MgO\\ 0{,}201\ K_2O\end{array}\right\}\ 0{,}414\ Al_2O_3\ 4{,}083\ SiO_2.$$

Beide Glasuren sind normal zusammengesetzt, nur 2 enthält im Verhältnis zur Kieselsäure etwas zu viel Tonerde. Das Verhältnis zwischen Alkalien und Erdalkalien ist 1 : 4, entspricht also derjenigen Zahl, die nach Versuchen von H. Seger[1]) bei gleichen äquivalenten Tonerde- und Kieselsäuremengen die leicht schmelzbarsten Glasuren gibt. Die Glasuren fliessen blank aus und sind nach dem Brande haarrissefrei, nach einiger Zeit jedoch, besonders unter dem Einflusse von Temperaturänderungen, stellen sich einzelne Risse ein. Um eine Glasur zu suchen, die diesen Übelstand nicht aufweist, wurden die Mengen der Flussmittel, Tonerde und Kieselsäure variiert. Als Resultat zeigte sich, dass die Zusammensetzung der haltbarsten Glasuren innerhalb folgender Grenzwerte lag:

$$\left.\begin{array}{l} 0{,}2\text{—}0{,}3\ K_2O,\ \text{z. T. } Na_2O \\ 0{,}0\text{—}0{,}1\ MgO \\ 0{,}6\text{—}0{,}8\ CaO \end{array}\right\} 0{,}4\text{—}0{,}5\ Al_2O_3\ 3{,}5\text{—}4{,}5\ SiO_2.$$

Dem höhern Kieselsäuregehalt entspricht ein höherer Tonerdegehalt.

Freilich konnte sich auch von diesen Glasuren keine auf die Dauer rissefrei halten; es ist dies auch verständlich, wenn man bedenkt, dass der Töpferton keine homogene Masse, sondern mit mehr oder minder grobkörnigem Sand durchsetzt ist.

Derselbe Umstand verhindert auch, für einen bei Segerkegel 4—5 geschrühten Scherben eine passende Steingutglasur zu finden, die etwa bei Silberschmelztemperatur ausfliesst. Am besten bewährte sich ein Email, das nach folgender Formel zusammengesetzt war:

$$\left.\begin{array}{l} 0{,}3\ CaO \\ 0{,}7\ PbO \end{array}\right\} 0{,}2\ Al_2O_3\ 2{,}5\ SiO_2.$$

Schmelzglasur (Zinnoxyd-Bleioxydglasur) ist verwendbar, wenn dem Tone etwa 25 % feiner kohlensaurer Kalk beigemengt werden.

1) Seger, Gesammelte Schriften, S. 182.

Tertiäre Tone.

Von den plastischen Tonen der Braunkohlenformation wählte ich zwei typische Vertreter zur Untersuchung aus, einen hellgelben und einen grau gefärbten Ton, beide aus Grube 8 (S. 23).

I. 1. Der hellgelbe Ton, der auf den Kluftflächen sehr dünne Ausscheidungen von Eisenoxydhydrat zeigt, ist von sehr gleichmässiger Beschaffenheit. Verunreinigungen und Sand sind mit dem Auge nicht wahrnehmbar.

Schlämmanalyse.

Grobsand	0,50
Feinsand	3,34
Staubsand	11,48
Schluff	13,08
Feinschlamm	71,60

Kohlensaurer Kalk war in den Schlämmprodukten nicht nachzuweisen; der Grob- und Feinsand enthielten Feldspatkörner, Glimmerschüppchen und Teile braunen Toneisensteins.

Gesamtanalyse.

Kieselsäure	61,29	
Tonerde	22,28	
Eisenoxyd	3,89	
Kalk	0,42	
Magnesia	0,11	
Alkalien	4,36	
Glühverlust	7,32	nur Wasser
	99,67	

Rationelle Analyse.

Tonsubstanz	69,97
Quarz	23,46
Feldspat	6,57

Der Feldspat setzt sich zusammen aus:

Kieselsäure berechnet .	4,21	=	64,08 %
Tonerde	1,21	=	18,42 %
Kalk	0,04	=	0,60 %
Kali	1,11	=	16,90 %
	6,57	=	100,00 %

Die Bestandteile der Tonsubstanz berechnen sich zu:

Kieselsäure	48,22
Tonerde	30,25
Eisenoxyd	5,58
Kalk	0,60
Magnesia	0,16
Alkalien	4,67
Chem. geb. Wasser	10,51

Das Äquivalentverhältnis ist:

$$SiO_2 : Al_2O_3 + Fe_2O_3 : CaO + MgO + K_2O + H_2O$$
$$= 2,42 : 1 : 1,96.$$

Die Kieselsäure ist in grösserer Menge vorhanden, als der Formel entspricht; dies rührt wohl daher, dass neben der Quarzkieselsäure in Säuren und Alkalien lösliche Kieselsäure im Tone enthalten ist.

Verhalten im Feuer.

Dem hohen Gehalte an Flussmitteln, besonders an Eisenoxyd und Alkalien entsprechend, brennt sich der Ton bei niederer Temperatur, bei Segerkegel 1—2 (1160°) dicht und färbt sich dabei durch Eisenoxyd lederbraun, in höheren Hitzegraden nimmt er eine graue Färbung an. Bei Kegel 17 (1470°) ist die Form noch scharf erhalten, darüber hinaus bläht er auf und schmilzt bei Kegel 26 (1650°).

II. 2. Der graue Ton hat grosse Plastizität und Gleichmässigkeit. Farbe grubenfeucht grau, trocken lichtgrau.

Schlämmanalyse.

Grobsand	Spuren
Feinsand	1,38
Staubsand	12,00
Schluff	8,48
Feinschlamm	78,14

Im Fein- und Staubsand waren nicht unbedeutende Mengen Glimmer vorhanden.

Gesamtanalyse.

Kieselsäure	57,81
Tonerde	28,36
Eisenoxyd	1,27
Kalk	0,46
Magnesia	0,48
Alkalien	4,28
Chem. geb. Wasser	8,22
Organ. Bestandteile	0,63
	101,51

Rationelle Analyse.

Tonsubstanz	78,09
Quarz	18,79
Feldspat	3,12

Der Feldspat besteht aus:

Kieselsäure berechnet	2,14	= 68,59 %
Tonerde	0,61	= 19,55 %
Kalk	0,07	= 2,24 %
Kali	0,30	= 9,62 %
	3,12	= 100,00 %

Die prozentuale Zusammensetzung der Tonsubstanz berechnet sich zu:

Kieselsäure	46,71
Tonerde	35,14

Eisenoxyd	1,61
Kalk	0,49
Magnesia	0,60
Alkalien . , ...	5,04
Chem. geb. Wasser	10,40

Das Äquivalentverhältnis ist:

$$Si\,O_2 : Al_2\,O_3 + Fe_2\,O_3 : Ca\,O + Mg\,O + K_2\,O + H_2\,O = 2{,}19 : 1{,}00 : 1{,}97.$$

Der Kieselsäureüberschuss ist beim grauen Tone nicht so gross, wie beim gelben; auch ist der Eisenoxydgehalt geringer. Die andern Komponenten aber haben einen beinahe gleich grossen Wert. Bemerkenswert ist an beiden Tonen die relativ bedeutende Menge Alkali, woraus zu schliesen ist, dass die Tonsubstanz stark durch andere ähnlich zusammengesetzte Minerale verunreinigt wird.

Verhalten im Feuer.

Beim Brennen zeigt der graue Ton dieselben Eigenschaften wie der gelbe; er sintert auch bei derselben Temperatur, nur ist die Brennfarbe gelb, bei höheren Brenngraden lichter grau. Der Schmelzpunkt ist Kegel 27 (1 670°).

III. 3. Ferner habe ich als Typus des tertiären Tones, wie er am Rande seines Verbreitungsgebietes vorkommt, einen dunkelgefärbten, feinsandigen Ton aus Grube 3 (s. S. 21) mechanisch zerlegt. Es zeigte die Schlämmanalyse an:

Grobsand	0,53
Feinsand	2,61
Staubsand	22,19
Schluff	37,10
Feinschlamm	37,57

Die Sande enthielten Kohlenteilchen — überhaupt rührte die dunkle Färbung von Braunkohle her, die beim Kochen mit Kalilauge sich dunkelbraun löste — und eine

grosse Menge Glimmer, der sich besonders in den feineren Produkten anreicherte. Die Tonsubstanz liess sich sehr leicht vom Sande trennen, sodass im Schluff nur noch wenig von ihr beigemengt war. Dagegen setzte der Feinschlamm noch eine grosse Menge feinsten Sandes ab, sodass man das vorliegende Material besser als einen durch den natürlichen Zerkleinerungs- und Schlämmprozess feingemahlenen Sand bezeichnet, der mit einer geringen Menge Ton vermischt ist.

Dieselbe feine Körnung hat auch der Formsand (aus Grube 6), sein Tongehalt beträgt aber nur wenige Prozente.

Diluviale Moräne.

Der Geschiebemergelgrube der Ziegelei von P. Gansel in Dobrau entnahm ich zwei Proben, die eine aus dem Hangenden, die andere aus dem Liegenden. Beim Schlämmen gaben sie folgendes Resultat:

	I.	II.
Grand	5,79	6,80
Grandiger Sand	2,00	2,33
Grobsand	35,66	34,21
Feinsand	19,55	20,37
Staubsand	5,23	7,30
Schluff	7,30	6,95
Feinschlamm	24,47	22,04

Der Grand besteht hauptsächlich aus Quarz, daneben Trümmern von Granit- und Porphyrgesteinen, ferner auch Feldspat und Glimmer. Diese beiden waren auch in den Sanden vertreten, Glimmer, der in grösseren Stücken wenig widerstandsfähig ist, besonders im Staubsand.

Um festzustellen, wie weit und in welcher Weise die Entkalkung der Moräne durch eindringende kohlensäurehaltige Tagewässer vorgeschritten ist, bestimmte ich in den Schlämmprodukten den Gehalt an kohlensaurem Kalk und

Magnesia. Es zeigte sich, dass Grand, Grob- und Feinsand vollständig frei davon waren; die feineren Teile enthielten:

	oben	unten
Staubsand	0,10 %	0,15 %
Schluff	0,51 %	0,67 %
Feinschlamm	2,76 %	4,14 %

Auf die Gesamtmenge berechnet, ist der Gehalt an kohlensauren Erdalkalien oben 0,71 %, unten 0,97 %. Die Entkalkung ist fast vollständig. An anderer Stelle, wo die Verwitterung der Moräne noch nicht bis zur Sohle durchgedrungen ist, wurden 15,8 % gefunden.

Vorstehende Analysenresultate lehren, dass die senonen Tone die wertvollsten sind, sie haben zum Teil den Charakter der Kaoline, und auch die weniger feuerfesten Tone zeichnen sich durch Freisein von schädlichen Beimengungen aus. Die Braunkohlentone können noch als halbfeuerfest gelten, sind aber besonders durch ihre frühzeitige Sinterung für die Herstellung von Klinkerwaren geeignet. Der Geschiebemergel bildet einen notdürftigen Ersatz für Lehm, um Ziegel daraus zu fabrizieren.

Zum Schluss möchte ich noch eine allgemeine Frage berühren: Was lässt sich aus den Daten der Analyse über Sinterung und Feuerfestigkeit folgern?

Sinterung ist der Vorgang im Tone, bei welchem einzelne Bestandteile des Tones schmelzen und dabei chemisch auf die andern Bestandteile einwirken. Das entstehende zähflüssige Glas füllt die Poren aus und verwandelt so das Ganze in eine feste steinartige, z. T. halbglasige Masse. Die Menge der die Sinterung bewirkenden Flussmittel ist zwar aus der Analyse zu ersehen, unvollkommen aber nur die Art ihrer chemischen Verbindung und deren Schmelzpunkt. Da nun vor allem aber die Grösse des auszufüllenden Porenraums bei den einzelnen Tonen sehr verschieden ist — denn es ist eine bekannte Erfahrungstatsache, dass plastische Tone sich viel früher verdichten

als Kaoline, mögen sie auch gleiche chemische Zusammenzetzung haben — so ist der Sinterungspunkt aus der Analyse rechnerisch nicht festzustellen.

Für den Zustand jedoch, wo alle Bestandteile sich gegenseitig zu einem schmelzenden Glasflusse lösen, hat Bischof[1]) auf Grund der Versuche von Richters eine Formel gegeben.

Bezeichnet a die Menge der in der Analyse gefundenen Tonerde dividiert durch ihr Molekulargewicht, b die Kieselsäure dividiert durch ihr Molekulargewicht, c die Summe der Flussmittel dividiert durch ihre entsprechenden Molekulargewichte, so ist der Feuerfestigkeits-(Schmelzbarkeits-) Quotient

$$FQ = \frac{a^2}{bc}.$$ [2])

Je grösser der Quotient ist, um so grösser ist die Feuerfestigkeit, um so höher liegt auch der Schmelzpunkt des Tones.

Seger[3]) hat auf Grund seiner praktischen Erfahrung die Formel modifiziert in

$$FQ(S) = \frac{a^2}{bc} + \frac{a}{c}.$$

In umstehender Tabelle sind die nach beiden Formeln berechneten Werte und zum Vergleich die empirisch gefundenen Schmelzpunkte (nach Segerkegeln) angeführt.

---

1) Vgl. Bischof, Feuerfeste Tone, S. 67.

2) Neuerlich bestimmt Bischof den Feuerfestigkeitsquotienten aus dem Sauerstoffgehalte der Tonerde α, der Kieselsäure β, dem der übrigen Oxyde γ nach der analogen Formel

$$FQ = \frac{\alpha^2}{\beta \cdot \gamma}.$$

Der absolute Zahlenwert wird hierbei $4\frac{1}{2}$ mal grösser als nach der früheren Formel.

3) Segers Gesammelte Schriften, S. 380.

Tabelle.

Untersuchter Ton	F. Q. nach Bischof	F. Q. nach Seger	Schmelzpunkt Segerkegel
Ton 1	0,86	7,56	32—34
Ton 2	1,04	5,13	31
Ton 3	2,3	9,6	33
Ton 4	0,53	3,73	29
Ton 5	0,58	3,18	24
Ton 6	0,59	4,01	28
Gelber tertiärer Ton . .	0,44	2,57	26
Grauer „ „ . .	0,96	4,37	27

Soweit die geringe Zahl der Analysen eine Entscheidung herbeiführen kann, stimmen die nach der Segerschen Formel gewonnenen Werte am besten mit dem pyrometrischen Versuch überein, zeigen jedoch wesentliche Abweichungen, was an und für sich ganz erklärlich ist, da nicht alle Faktoren, wie z. B. der Grad der Körnigkeit des Sandes, berücksichtigt worden sind.

Lebenslauf.

Geboren wurde ich, Kurt Hermann Randhahn, am 28. Nov. 1874 als Sohn des Berginspektors H. Randhahn zu Waldau, Kreis Weissenfels. Ich bin evangelischer Konfession.

Nach Besuch der Volksschule absolvierte ich das Christians-Gymnasium zu Eisenberg S.-A., das ich Ostern 1894 mit dem Reifezeugnis verliess, um mich dem Studium der technischen Chemie zu widmen. Nach halbjähriger praktischer Tätigkeit studierte ich 3 Semester an der königlichen technischen Hochschule Berlin, 5 Semester an der Universität Berlin und 1 Semester an der Universität München. Von Ostern 1899 bis Oktober 1900 war ich Assistent an der königlichen keramischen Fachschule Bunzlau und bin seitdem in der Praxis tätig.

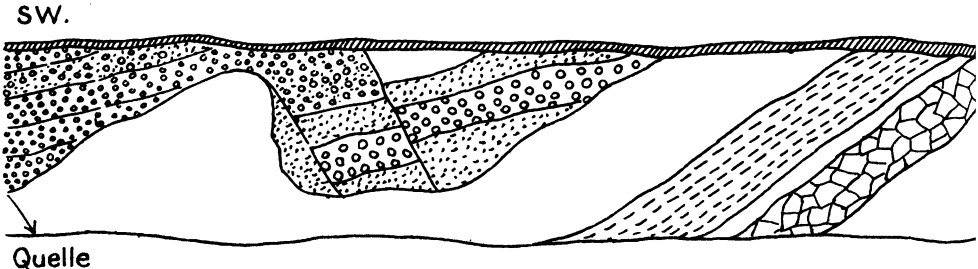


Fig. 1.

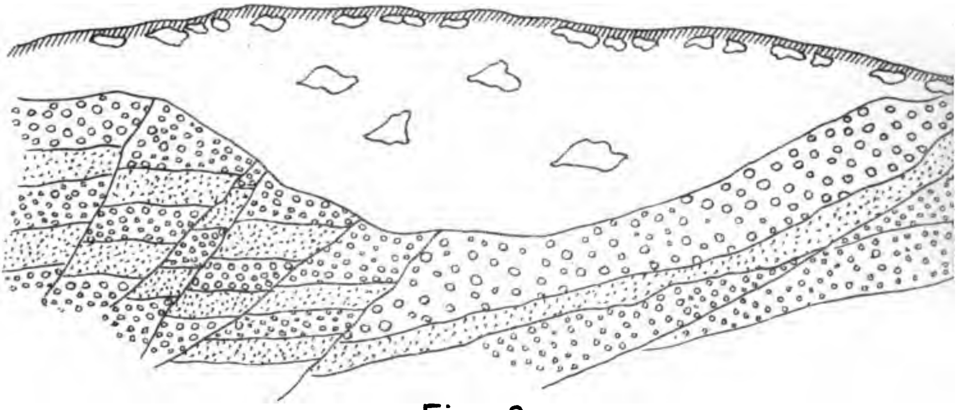


Fig. 2.

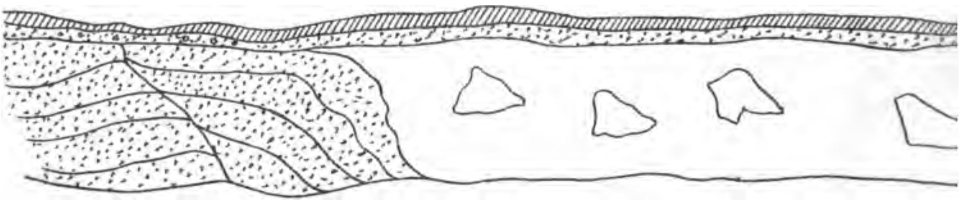


Fig. 4.

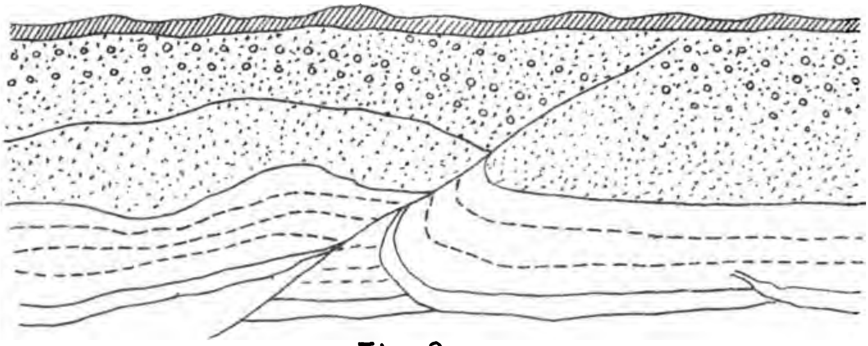
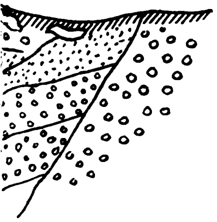


Fig. 3.



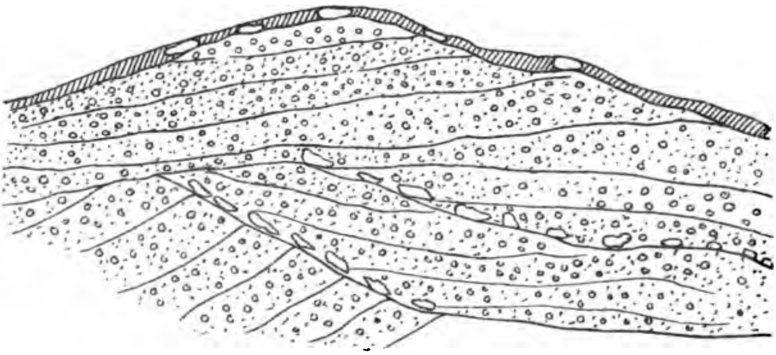
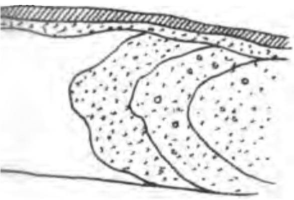


Fig. 5.



Geschiebemergel.

Die andern Bezeichnungen sind dieselben wie auf Tafel 2.

Tafel 1.